

**Revista
Bianual**

2023-2024

Num. 1

ISSN No. 2992-8516



Congreso Internacional en Tecnología,
Innovación y Docencia



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



CITID, Año 1, Numero 1, 2023 - 2024 es una revista bianual, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaria de Educación Publica, a través del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Av. Universidad No. 12002, Quinto Piso, Col. Xoco, Alcaldía Benito Juárez C.P. 03330, Ciudad de México, Tel 5536002500 Ext. 65064, d_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Responsable Dra. Areli Marlen Salgado Delgado. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2023-092911362100-102, ISSN No. 2992-8516, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Dra. Areli Marlen Salgado Delgado, Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, C.P. 62780, Tel. (734) 3431394, fecha de última actualización 8 de mayo de 2023.

El objetivo de la revista, es establecer un espacio que permite visualizar los aportes científicos y académicos en diferentes disciplinas ingenieriles, administrativas y de educación que generan los investigadores, docentes y expertos y así por medio de una publicación académica arbitrada en formato electrónico dar la difusión y divulgación de proyectos presentados en el CITID.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un Comité de Arbitraje y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico de Zacatepec, salvo que sea citada la fuente de origen.

PRÓLOGO

"Soy de las que piensan que la ciencia tiene una gran belleza. Un científico en su laboratorio no es sólo un técnico: también es un niño colocado ante fenómenos naturales que lo impresionan como un cuento de hadas"

*Maria Salomea Skłodowska-Curie,
Física y Química (1867 – 1934)*

La adquisición de conocimiento en los campos de la Ciencia, Tecnología, Innovación y Docencia, es infinito, así como las interrogantes que se tratan de resolver con cada proyecto que se emprende. Sea esta investigación básica o aplicada, con ambas se busca el objetivo de resolver problemáticas existentes, innovar y mejorar un proceso o un producto.

Como cada dos años, en el Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Zacatepec se realizó el Congreso Internacional en Tecnología Innovación y Docencia (CITID 2023), donde se dieron cita estudiantes, académicos, investigadores y profesionales para compartir e intercambiar conocimientos y experiencias en el ámbito de la investigación. Con una asistencia que superó las expectativas, se tuvo la presencia de destacadas personalidades de nivel internacional, nacional y local. Las temáticas tratadas en el congreso fueron diversas:

MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN)
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS (IEM)
DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)
MATERIALES POLIMÉRICOS (IQ)
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (IBQ)
TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)
PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ-IBQ)
BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (IBQ)
BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB)
ESTADÍSTICA Y TOMA DE DECISIONES (CB)
RETOS Y PERSPECTIVAS EN LA APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB)
GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN (IA)
INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)
BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)
BIOPROCESOS (MC)
APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)
CIENCIA DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES (ISC)
DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)
MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS (MP)

A decir de los participantes, el Congreso fue un éxito y la muestra de ello es este compendio de Contribuciones, expuestas durante el desarrollo de este, retomando el formato de manera presencial. En esta ocasión, se ha gestionado un número de registro específicamente para las Memorias del Congreso (CITID). Finalmente, se agradece el apoyo de los Directivos de la Institución, de los Jefes académicos y, especialmente, el entusiasmo, compromiso y colaboración del personal de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Se desea que las Contribuciones registradas en estas Memorias, ayuden a disipar dudas e interrogantes que, alguna vez, se hayan hecho los lectores y, además, sean referencia para incrementar el conocimiento existente.

COMITÉ TÉCNICO

Dra. Areli Marlen Salgado Delgado

Ing. Felipe Sánchez Sánchez

Dra. María Lidia Palacios Contreras

MC. Enrique López Chávez

MA. Brenda Selene López Medina

MTI. Martha Esmeralda Coronel Lemus

MC. Verónica Gama Nájera

Ing. José Elías Salado Huerta

Dr. Edgar García Hernández

Dra. Cinthya Dinorah Arrieta González

Dr. Alfredo Olarte Paredes

Dr. René Salgado Delgado

MC. Manuel Jesús Granados Baeza

Dr. Alfredo Quinto Hernández

MC. Armando Zarate Sánchez

Dra. Wendy Netzy Hernández Díaz

Dra. Minerva Guadalupe Vargas Vega

Dr. Omar Christian Benítez Centeno

MC. Norma Josefina Ontiveros
Hernández

Dra. Luz Elva Marín Vaca

MC. Osvaldo de la Paz Soto Talavera

Dr. Eugenio Cesar Velázquez Santana

Dra. Miriam Antonia Chavarria
Santibáñez

MM. Jeanett del Carmen Ortega Millán

MTI. Tomás Emmanuel Higareda Pliego

Dr. Sócrates Espinoza Salgado

ÍNDICE

IBQ - 00

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

<i>IBQ -01</i>	ANÁLISIS SENSORIAL DE UN PAN DE CAJA CON HARINAS NO CONVENCIONALES Y ADICIONANDO MUCILAGOS U. Zavaleta-Bahena, L. Zavaleta-Avejar, W. N. Hernández-Díaz, F. J. Hernández-Campos	1
<i>IBQ -02</i>	LA BIOTECNOLOGÍA, DIABETES Y GRANOS INTEGRALES ¿CÓMO SE RELACIONAN Y QUÉ BENEFICIOS PROPORCIONAN? S. K. Flores-Vilchis, A. S. Ruíz -Martínez	7
<i>IBQ -03</i>	ELABORACIÓN Y ANÁLISIS SENSORIAL DE GALLETAS A BASE DE HARINA DE ALPISTE (PHALARIS CANARIENSIS) SABOR MANZANA-CANELA Y ARÁNDANO D. Estrada-Severiano, C. D. Arrieta-González, L. Ortega-Rosas, E. García-Hernández	15
<i>IBQ -04</i>	COMPARACIÓN DE LA DEMANDA NUTRICIONAL DE AGAVES EN DISTINTOS SUELOS: UNA GUÍA PARA LA FERTILIZACIÓN ADECUADA D. L. Batalla-Carpintero, S. Espinoza-Salgado, T.E. Higareda-Pliego y J. Cuenca-Hernández	21
<i>IBQ -05</i>	DESARROLLO Y SELECCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA COMESTIBLE CON EXTRACTO DE ALACHE (ANODA CRISTATA), GLICERINA Y GRENETINA. E.B. Rodríguez- Flores, M. Brito-Zúñiga, B.I. Castro-Almendra, C.D. Arrieta-González	29

IQ - 00

MATERIALES POLIMÉRICOS (IQ) TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ) BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

<i>IQ -01</i>	ANÁLISIS DE LAS DISTRIBUCIÓN DE LA RADIACIÓN INCIDENTE EN UN CONCENTRADOR ANIDÓLICO TIPO HORNO SOLAR (CoSAn) H. González-Camarillo, Y.R. Galindo-Luna, Pérez-Enciso R.A. y C. A. Pérez-Rábago	34
<i>IQ -02</i>	MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA TÉRMICA DE UN COLECTOR DE CONCENTRACIÓN SOLAR V. H. Arias, Y.R Galindo-Luna	41
<i>IQ -03</i>	BIODEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES MEDIANTE LODOS DE PTAR Y SU CUANTIFICACIÓN POR UPLC-MS/MS E. Campero-Romero, D. Ibarra-Rodríguez, L. A. Arellano-García, J. Rodríguez-Campos	48
<i>IQ -04</i>	CARACTERIZACIÓN DE ÓXIDO DE MOLIBDENO Y CERMET MOO:AG COMO ABSORBEDOR SOLAR C. E. Juárez-Salinas, Y. R. Galindo-Luna, E. Barrera-Calva y F. González-García	56
<i>IQ -05</i>	GESTIÓN DE USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EMPRESAS DE MUNICIPIO DE LA ANTIGUA, VERACRUZ L. Melgarejo-Galindo, D. Melgarejo-Galindo, R.J. Castro-Lara y L. López-Chiquito	65
<i>IQ -07</i>	TRANSFORMACIÓN DE UN EDIFICIO CONVENCIONAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC EN NZEB Y. Domínguez-Garduño, J. Salazar Barragán, A. Olarte-Paredes, I.P. Hernández-Rosales	72
<i>IQ -08</i>	GERMINACIÓN IN VITRO DE CACTÁCEAS A. E. Zagal-Anteliz, S.E. Rangel-Estrada	79
<i>IQ -10</i>	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE N-POLIBENZIMIDAZOLES M. Rojas-Rodríguez, C. Aguilar-Lugo, A. E. Lozano, L. Alexandrova	85

IQ -11	FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS ABSORBEDORAS CIGS SELENIZADAS Y SIN SELENIZAR A. Ledesma-Juárez, A.M. Fernández	93
IQ -12	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COPOLÍMEROS PS-block-PMMA POR ULTRASONIDO G. Cedillo-Valverde, R. Salgado-Delgado, A. M. Salgado-Delgado y S. López-Morales	101
IQ -13	DEGRADACIÓN DE MEZCLAS DE CONTAMINANTES EMERGENTES UTILIZANDO UNA PEROXIGENASA FÚNGICA V. F. Tufiño-Cortez, C. D. Arrieta-González y M. Ayala-Aceves	109
IQ -14	SELECCIÓN DE SISTEMA DE SEGUIMIENTO PARA UN CONCENTRADOR CILÍNDRICO PARABÓLICO E. Pineda Ramírez, Y. R. Galindo Luna	115

IQ -IBQ

PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS

IQ-IBQ-01	PRODUCCIÓN Y PESO MOLECULAR DEL POLI-3- HIDROXIBUTIRADO (P3HB) SINTETIZADO POR LA CEPA phbP3+ DE <i>Azotobacter vinelandii</i> BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE TRANSFERENCIA DE OXÍGENO R. E. Quiroz-Cardoso, F. J. Hernández-Campos, T. Castillo-Marengo, C. F. Peña- Malacara	123
IQ-IBQ-03	SÍNTESIS DE OLEFINAS CON FRAGMENTOS DE FERROCENO Y SUS POSIBLES APLICACIONES EN POLÍMEROS S. Lizardi-Rivera, C.D. Aguilar-Lugo, C.O. Oliva-Colunga, E. I. Klimova.	131
IQ-IBQ-04	FÁCIL SÍNTESIS DE DIARIL Y DIMETALOCENILCICLOPROPENONAS A PARTIR DE UNA REACCIÓN DE ALQUILACIÓN DE FRIEDEL CRAFTS D.L. Mata-López, A.A. Guadarrama-Mendoza, E. López-Miranda, E.I. Klimova	139
IQ-IBQ-05	ESTUDIO TEÓRICO SOBRE LA DESCARBOXILACIÓN DEL SUSTITUTO DE BIODIÉSEL 3-BUTENOATO DE METILO R. Navarro Severiano, D. Ochoa Resendiz, R. Hernández Lamonedada y A. Quinto Hernández	147
IQ-IBQ-06	ESTUDIO TEÓRICO SOBRE LA DESCARBONILACIÓN Y LA DESCARBOXILACIÓN EN REACCIONES SECUNDARIAS DEL FORMIATO DE ETILO J. E. Solorzano Ramos, D. Ochoa Resendiz, R. Hernández Lamonedada y A. Quinto Hernández	154
IQ-IBQ-07	DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE COMPONENTES DEL BIODIÉSEL ESTEARATO DE METILO Y OLEATO DE METILO INDUCE CORROSIÓN EN SUPERFICIE DE COBRE T. Guerra García, Fabiola Vergara Juárez, J. Porcayo Calderón y A. Quinto Hernández	160
IQ-IBQ-08	EPOXIDACIÓN DE ACEITE DE PULIDURA DE ARROZ REFINADO E. D. Flores-Barrera, J. Zúñiga-Díaz, M. E. Acevedo-Quiroz y A. Quinto-Hernández	167
IQ-IBQ-09	FOTODISOCIACIÓN DEL SUSTITUTO DE BIODIÉSEL ACETATO DE ETILO (CH ₃ COOCH ₂ CH ₃) A 193 NM P. Beltrán-Rosales, D. Ochoa-Resendiz, J. Porcayo-Calderón y A. Quinto-Hernández	172

MC - 00**BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS
BIOPROCESOS**

MC -01	DISEÑO DE UN ACTUADOR A TRAVÉS DE UN MATERIAL COMPUESTO ELECTROACTIVO POLIMÉRICO A PARTIR DE Cs/PPy/NaCl Y Cs/PPy/PVA/NaCl D. Albarrán-Campos, E. García-Hernández, R. Salgado-Delgado y A. Olarte-Paredes	176
MC -02	POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRACTOS DE IPOMOEBA BATATAS (L.) LAM. SOBRE ARVENSES, EN BUSCA DE UN NANOBIOHERBICIDA R. Hernández-Pérez, A. Olarte-Paredes, B. V. Briones-Téllez Y A.M. Salgado-Delgado	182
MC -03	“SÍNTESIS ONE POT” DE COPOLÍMEROS MEDIANTE POLIMERIZACIÓN RADICALARIA CONTROLADA ATRP UTILIZANDO UN CATALIZADOR DE UN COMPLEJO CICLOMETALADO DE RUTENIO (II) J.J. Sánchez García, C. Aguilar Lugo, R. Le Lagadec y L. Alexandrova	191
MC -04	DESARROLLO DE UNA BIOPELÍCULA DE CELULOSA EXTRAÍDA DEL PSEUDOTALLO DE BANANO O. Juárez-Vidal, J. D. Santamaría-Juárez, C. D. Arrieta-González y E. García-Hernández	199
MC -05	OBTENCIÓN Y MATERIAL HÍBRIDO DE GRENETINA REFORZADA CON GRAFENO DECORADO CON Cu, OBTENIDO POR ASPERSIÓN L. Ortega-Rosas, C. D. Arrieta-González, A. Olarte-Paredes, E. García-Hernández	206
MC -06	SÍNTESIS DE ESFERAS FOTOSENSIBLES DE ÓXIDO DE TITANIO C. Rosiles-Pérez, A. Almaraz Martínez, C. Valentín Olivares y A.E. Jiménez González	214
MC -07	COMPARACIÓN DE AJUSTE DE UN MODELO CINÉTICO DE HALDANE-LEVESPIEL CON RENDIMIENTOS CONSTANTES Y VARIABLES PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL J. L. Meza-Gutiérrez, F. A. Cortes-Cid, M. I. Neria- González y J. C. Figueroa-Estrada	220
MC -08	MODELADO CINÉTICO, SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARÁMETRICA PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO UTILIZANDO <i>THERMATOGA NEAPOLITANA</i> F. A. Cortes-Cid, J. L. Meza-Gutiérrez y J. C. Figueroa-Estrada	228
MC -09	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULAS DE ALMIDÓN/ÁCIDO ASCÓRBICO ENCAPSULADO B. J. Vergara-Salgado, H. M. Palma-Rodríguez, R. Salgado-Delgado, A. Olarte-Paredes	236
MC -10	EFFECTO ANTIMICROBIANO DE UNA PELÍCULA BIODEGRADABLE Y SU APLICACIÓN COMO COBERTURA EN ALIMENTOS. I. García-Martínez, A. Vargas-Torres, A.M. Salgado-Delgado, R. Salgado-Delgado	244
MC -11	PRELIMINARES SOBRE ALTERNATIVAS DE BLANQUEAMIENTO DE BIOMASA DE CASCARA DE ARROZ, SUBPRODUCTO AGROINDUSTRIAL B. Flores-Abarca, R. Hernández-Pérez, A. M. Salgado-Delgado, O. E. Silva-Astudillo	252
MC -12	AMINACIÓN DE LIGNINA ESTABILIZADA DE CÁSCARA DE COCO CON P-XILILENDIAMINA E. J. Olivares, J. Porcayo-Calderón y A. Quinto-Hernández	259

MC -13	DESARROLLO Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BIOPELÍCULA COMESTIBLE A BASE DE EXTRACTO DE ALACHE (ANODA CRISTATA L. SCHLTDL.), GLICERINA Y GRENETINA. B.I. Castro Almendra, C.D. Arrieta González, E. García Hernández y A. Solano Navarro	266
MC -14	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SiO ₂ A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA L. Cajero-Sotelo, M.E. Nicho-Díaz, U. León-Silva y M. R. Díaz-Guillén	271
MC -15	GENERACIÓN DE ARMÓNICOS DE RADIACIÓN TERAHERTZ EN SrTiO ₃ EN UN RANGO DE TEMPERATURAS C. Castrejón-M, V. Grymaslky, J. Escobedo-Alatorre, Y. Gomez-Badillo	279

MP - 00 **DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**
MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS

MP-01	PLATAFORMA DE GESTIÓN Y DIFUSIÓN ESPECIALIZADA DE EVENTOS TÉCNICO - CIENTÍFICOS J. M. Cuin-Jacuinde, J. G. Ramos-Díaz, J. J. Ruiz-Lagunas y R. Lara-Bárceñas	289
MP-02	INNOVACIÓN: LAS REGADERAS ELÉCTRICAS EN MÉXICO Y SUS RIESGOS. F. A. Rodríguez Pintos, J. L. F. Palomeque Loyo, F. Rodríguez Valdés	295
MP-03	OPTIMIZACIÓN DE UN REACTOR DE LECHO FIJO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES DE RESPUESTA E. Sarmiento-Candelaria	303
MP-04	SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN DESORBEDOR-CONDENSADOR DE MEMBRANA CON LA MEZCLA LiCl-H ₂ O I. L. Medina-Caballero, J. Ibarra-Bahena, W. Rivera	311
MP-05	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE FTALOCIANINA DE ERBIO DEPOSITADA COMO PELÍCULA DELGADA SOBRE SUSTRATOS DE SILICIO POROSO. P. B. García- Díaz, D. H. Cuate-Gómez, A. Garzón-Román, C. Zúñiga-Islas	319
MP-06	DISEÑO 3D DE UN REACTOR SOLAR DE BAJO COSTO PARA LA SÍNTESIS DE MATERIALES C. A. Del Rivero Estrada, D. H. Cuate Gómez, J. L. Sosa Sánchez, A. Garzón Román	326
MP-07	DISEÑO 3D DE UN ESPECTRÓMETRO DE BAJO COSTO UTILIZANDO (ÁCIDO POLILÁCTICO) PLA D. Menendez-Latapi, D. H. Cuate-Gómez, R. I. Álvarez-Tamayo	333
MP-08	USO DE ZIF-8 EN RECUBRIMIENTO PARA PROTECCIÓN CONTRA CORROSIÓN DEL ACERO 1018 EN NaCl J. A. González-Iñiguez, J. G. González-Rodríguez, M. Casales-Díaz, M. Kumar-Kesarla	340
MP-11	DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR LA HUMIDIFICACIÓN EN TUBOS DE TEXTURA MEJORADA PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PELÍCULA DESCENDENTE J. Delgado-Gonzaga, W. Rivera, T. Torres-Díaz, D. Juárez-Romero	348

MP-13	DESEMPEÑO DE COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA CON NANOFLUIDO DE Al_2O_3 M. A. García-Rincón, y J. J. Flores-Prieto	354
MP-14	PREFERENCIAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS EDUCATIVOS EN CLIMA TROPICAL J. G. Sánchez-Montes, J. J. Flores-Prieto y L.A. López-Pérez	362
MP-15	CÁMARA EXTERIOR DE AMBIENTE CONTROLADO CON SOMBREADO R. Castillo-Rincón, A. Cabrera, E. Chávez y J. J. Flores-Prieto	368
MP-16	REFRIGERACIÓN MAGNÉTICA: PROSPECTO A FUTURO R. G. Suarez , M. A. Camacho-Peralta, J. Zamora	375
MP-17	MODELADO Y SIMULACIÓN DINÁMICA DE UN BRAZO ROBÓTICO DE TRES GRADOS DE LIBERTAD A.M. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, S. Espinoza-Salgado, J.A. Peña Ramírez	383

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS
ESTADÍSTICA Y TOMA DE DECISIONES
CB - 00
RETOS Y PERSPECTIVAS EN LA APLICACIÓN DE LAS
CIENCIAS BÁSICAS

CB - 01	ACTIVIDAD PROVOCADORA DE MODELOS: RESIDUOS DE PAÑALES DESECHABLES J. Zambrano-Ayala, B. I. Morales-Reyes, M. G. Rodríguez-Muñoz, K. B. Castro- Sarmiento	388
CB - 02	LA TECNOLOGÍA QR COMO APOYO EN EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA. D. Domínguez Estudillo , J.L. Eguía Rivas, M. L. Acosta Miranda , L. Ángeles Hernández	396
CB - 03	SOLUCIÓN DE INTEGRALES DEFINIDAS CON UNA CALCULADORA DIGITAL ACCESIBLE E. López-García, M. A. Hernández-Flores, L. Ortiz-Mendieta, N. Martínez-García	404
CB - 05	EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN LOS ESTUDIANTES DE NUEVO INGRESO DEL TECNOLÓGICO CAMPUS ÚRSULO GALVÁN V. E. Higareda-Arango, R. J. Castro-Lara, D. Melgarejo-Galindo y A.J. Salas-Lara	409
CB - 06	LA PERSPECTIVA DEL ALUMNADO SOBRE LA GESTIÓN PEDAGÓGICA DEL DOCENTE DENTRO DEL AULA. M. A. López Rutiaga, J. Lara de Paz, M. I. Alcántara García, D. C. Trejo Cirilo	416
CB - 07	HACIA UNA METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTADÍSTICA EN EL CONTEO DE VOTOS ELECTORALES EN MÉXICO: UN ESTUDIO PRELIMINAR L. Moreno-Álvarez, J. Arredondo-Valle	423
CB - 08	GEOGEBRA: UN ALIADO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE EN CÁLCULO INTEGRAL A. Figueroa-Delgado, A. E. Díaz-Domínguez	431

CB - 09	INTEGRACIÓN DE INDICADORES PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ACADÉMICA ITZ-TECNM D. Mulato Agüero, R.M. Urzúa Rangel, L. Santa Olalla Ocampo	438
CB - 10	EJEMPLOS DE LA VIDA COTIDIANA PARA MEJORAR LA COMPRESIÓN DE LA MATERIA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA C.H.C. Janssen	446

IEM - 00 **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS**

IEM - 01	APLICACIÓN DE MODELO DE PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MAESTRO-ESCLAVO CON PLC MODICOM M211 SCHNEIDER ELECTRIC B. Zapotitla R, J. A. Santana C., J. E. Ruiz R. y J. R. Salas O.	454
IEM - 02	GENERACIÓN Y AMPLIFICACIÓN POR FONONES ÓPTICOS CON UN SEMICONDUCTOR N-INSB PARA UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA EN RADIACIÓN TERAHERTZ C. Castrejón-M., V. Grymaslky, S. Koshevaya	461
IEM - 03	SINTONIZACIÓN DE UN LÁSER DE FIBRA ÓPTICA DOPADO CON ERBIO, POR MEDIO DEL CONTROL DE TEMPERATURA EN FIBRAS ADELGAZADAS R. E. Núñez-Gómez, A. Olarte-Paredes, R. Salgado-Delgado, A. Gutiérrez-Alarcón	468
IEM - 04	PROPUESTA DE UN VISCOSÍMETRO SAYBOLT UNIVERSAL O.C. Benítez-Centeno, U. Rosales-Cobos, J.A. Mateos-Basilio, M.G. Cervantes Silva	476

IC - 00 **DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES**

IC - 01	TRANSPORTE UNITARIZADO (CONTENEDORES), IMPORTANCIA Y DESARROLLO EN EL MUNDO Y EN MÉXICO J. M. Ramírez-Cuevas, V. Román-Díaz, J. E. Flores-Álvarez, R. Mompremier	482
IC - 02	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE REACCIÓN DEL CLORO EN EL SENO DEL AGUA R. Mompremier, J.A. Márquez-Flores, J. Gómez-Núñez, J. M. Ramírez-Cuevas	490
IC - 03	COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN CANALES RECTANGULARES CON FLUJO UNIFORME J.M. Ramírez Cuevas y D. Zúñiga Malpica	496
IC - 04	ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL CANAL PERRITOS, MUNICIPIO DE MIACATLÁN, ESTADO DE MORELOS J.M. Ramírez Cuevas, D. Zúñiga Malpica y M. Zúñiga Ortiz	504

IC - 05	CONSTRUCCIÓN DE BORDOS Y TERRAPLENES KM 5+200 AL KM 5+620 EN MARGEN DERECHA RÍO YAUTEPEC, TICUMAN, MUNICIPIO DE TLALTIZAPAN, MORELOS J.M. Ramírez Cuevas y D. Zúñiga Malpica	511
IC - 06	EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE EGRESO DEL MÓDULO DE ESPECIALIDAD DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DEL ITZ E. G. Carrillo González, O. Román-Rosales, C. Bustos Mejía, F. Sánchez-Sánchez	519
IC - 07	IMPORTANCIA DE LA SELECCIÓN DEL CEMENTO ADECUADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO EN ROMPEOLAS J. E. Flores-Álvarez, D. L. Ávila-Arzani, M. D. Servín-Lugo, J. M. Ramírez-Cuevas	525
IC - 08	NECESIDAD DE UN REGLAMENTO DE DISEÑO SÍSMICO PARA EL MUNICIPIO DE JOJUTLA DE JUÁREZ, MORELOS. M. Ortiz-Gómez y F. Sánchez-Sánchez	533
IC - 09	CONSIDERACIONES EN LOS TRABAJOS DE DRAGADO PARA LA TERMINAL PORTUARIA DEL GRUPO GPO J. R. Figueroa-Rodríguez, D. Zúñiga-Malpica, J. M. Ramírez-Cuevas, J. N. Cárdenas-Cervantes	541
IC - 10	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE PUENTES DE ENSENADA F. Espinoza-Barreras y J.R. Juárez-García	549
IC - 11	ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUTURA FÍSICA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC PARA PROPONER SOLUCIONES INCLUSIVAS PARA LAS PERSONAS DISCAPACITADAS A. R. Chávez-Santander, J. M. Ramírez-Cuevas, J. A. Uribe-Medina y A. L. Tejeda-Gutiérrez	556

IA - 00 **GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN**

IA - 01	UN CASO DE ESTUDIO QUE EVIDENCIA EL DAÑO MAYOR, EN TÉRMINOS EDUCATIVOS, PROVOCADO POR EL COVID A.C. Campos-Hernández, C. G. Bustillos-Gaytán y L. Villegas Sámano	564
IA - 02	ANÁLISIS DE LA COLABORACIÓN VIRTUAL DE LA MISIÓN SES MÉXICO EN EL PROGRAMA EDUCATIVO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UTSEM 2022 I. Andrade Aguado, J.L. Arroyo Anica, R.A. Rabadán Celis	571
IA - 03	LA FORMACIÓN PROFESIONAL Y PEDAGÓGICA PARA LOS DOCENTES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUSTAVO A. MADERO-ITGAM-2023 Ma. A. López- Rutiaga, J. Zambrano- Ayala, O. L. Ortiz- García y V. Vázquez- Gamboa	579
IA - 04	EL LIDERAZGO Y SU IMPACTO EN EL CLIMA ORGANIZACIONAL DE LAS EMPRESAS DE ZEMPOALA, VERACRUZ D. Melgarejo-Galindo, V. E. Higareda-Arano, L. Melgarejo-Galindo y A. García-Romero	588
IA - 05	ANÁLISIS DE LA NOM-035 Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS REGIONALES	596

IA - 06	LA DOCENCIA EN PRIMERA FASE DE POST-PANDEMIA, PERCEPCIÓN DE SU CALIDAD, EN UN INSTITUTO TECNOLÓGICO FEDERAL J. Contreras-Ruiz, E. Rosario-Ruiz, A. Ruiz-Ochoa y V. M. Contreras-Cuburu	605
---------	---	-----

IGE - 00 **INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES**

IGE - 01	PLATAFORMAS DIGITALES COMO APOYO AL CONTROL INTERNO DE LAS EMPRESAS. R. Meza-Vidal	613
IGE - 02	ANÁLISIS DE LAS COMPRAS EN EL PROCESO ESTRATÉGICO DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS E. Trujillo-Beltrán, A. Arzate-Salgado, F. Manuel-Regino y M.A. Bárcenas- Nava	620
IGE - 03	ANÁLISIS DEL BLENDED LEARNING EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL J. del C. Ortega-Millán y M. Chanes-Martini	627
IGE - 04	MODELO PARA EL PROCESO DE SELECCIÓN DE ASPIRANTES AL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC EMPLEANDO PLATAFORMAS VIRTUALES E.G. Carrillo-González, E.A. Díaz-Domínguez, O. Román-Rosales y F. Sánchez- Sánchez	635
IGE - 05	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA ECONOMÍA, MEDIANTE EL EMPRENDIMIENTO SOCIAL, CASO DE ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE DOLORES, EPITACIO HUERTA, MICHOACÁN L. Téllez Rivera, O. Oswaldo Torres, A. Torres Balcázar y A. González Lorence	642
IGE - 06	INDICADORES DE IMPACTO EN LOS PROCESOS A NIVEL OPERATIVO COMO MEDIDA DE CONTROL EN LA EMPRESA MARY CECY. C. S. Méndez-González, M. G. Uribe-González, R. Muñoz-Mendoza y E. Muñoz Mendoza	650
IGE - 07	DE LAS BIBLIOTECAS A LOS REPOSITORIOS DIGITALES BASADOS EN LA EXPERIENCIA DEL USUARIO V. M. Ayala-Lara, M. L. Acosta-Miranda, L. Ángeles-Hernández	655
IGE - 08	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DIGITAL: UNA ESTRATEGIA INSTITUCIONAL PARA GESTIONAR LA CALIDAD EDUCATIVA EN UTSEM J. Casimiro, J. A. Espinosa-Martínez, I. Andrade-Aguado, J. L. Arroyo-Anica	662
IGE - 09	IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN EN LINEA EN ESTUDIANTES DE NIVEL SUPERIOR. R.J. Castro-Lara, L. Melgarejo-Galindo, V.E. Higareda-Arano y A.J. Salas Lara	670
IGE - 10	EMPRENET, GESTIÓN, ESCALAMIENTO Y PROYECCIÓN DEL ECOSISTEMA EMPRENDEDOR. N. S. Romero Flores, L. H. Morales del Muro, A. M. Soto Hernández y Z. Aldape Castillo	677

<i>IGE - 11</i>	PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA CONTINUA DEL SERVICIO AL CLIENTE EN UNA ESTACION DE SERVICIO EN EL MUNICIPIO DE TEZIUTLÁN, PUEBLA A. López Barrales y L. A. Viñas Meza	684
<i>IGE - 12</i>	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESIDENCIA PROFESIONAL DEL ITTOL: CASO INGENIERÍA INDUSTRIAL Y. Hernández-Tamayo, M. L. Acosta-Miranda, A. Bernal-Nava, M.L. Ramírez-Rosas	692
<i>IGE - 13</i>	AUTOEVALUACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS EN TORNO DE LA EDUCACIÓN INCLUSIVA EN EL CONTEXTO DEL TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC R. Ovando-Castelar, J. A. Santana Camilo, Alfredo Olarte-Paredes y A. Blanco-Ortega	700

IIN - 00

MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD

<i>IIN - 01</i>	CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL APARTADO 6 DE LA NORMA ISO 45001:2018 EN UNA INDUSTRIA COSMÉTICA DE MÉXICO APLICANDO LA METODOLOGÍA PHVA H. Alonso-Jiménez, V.Y. Atala-Campos, E. Contreras-Arzate, C.M. Ambriz-Zavaleta	709
<i>IIN - 02</i>	APLICACIÓN DE LENGUAJE CONVERSACIONAL, VERIFICACIÓN Y AJUSTE DE HERRAMIENTAS DE CORTE, EN CENTRO DE TORNEADO DE CONTROL NUMÉRICO, EN LA ENSEÑANZA DE LA MANUFACTURA AVANZADA. E. López-Alarcón, M. Serrano-Fragoso, Y. E. González-Navarro y P. N. Cortez-Herrera	717
<i>IIN - 03</i>	REDUCCIÓN DE RECLAMACIONES INTERNAS EN EL ÁREA DE ENVASADO EN UNA EMPRESA DE EMPAQUES DE CARTON MEDIANTE EL CICLO DE DEMING H. Alonso-Jiménez, M.E. Rendón-Solís, V.Y. Atala-Campos, E. S. Arriaga-Ambriz	725
<i>IIN - 05</i>	OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SABOR CHEPINA S. DE R.L. DE C.V. S. Castrejón-Pérez, F. Juárez-Herrera, J. C. Flores-Cabrera, y M. Lozano-Santiago	732
<i>IIN - 06</i>	PROYECTOS PILOTO BAJO LA METODOLOGIA DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL INGENIO AZUCARERO EMILIANO ZAPATA A. Ortiz-Chávez, R. Mendoza-Mariscal, A. Aguilar-Cuellar, P. García	738
<i>IIN - 07</i>	ALGORITMO DE CADENA CÍCLICA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PURIFICADA AQCUA ESSENZIALE L. E. Marín-Vaca, V. Gama-Nájera, C. Barreto-Cabrera, V. Y. Atala-Campos	746
<i>IIN - 08</i>	ANÁLISIS DEL LÍMITE DE RENTABILIDAD EN LA PURIFICACIÓN DEL AGUA V. Gama-Nájera, C. Barreto-Cabrera, L. E. Marín-Vaca, G. Gómez-Ortiz	754

ISC - 00**APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL
CIENCIA DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES**

ISC - 01	DISEÑO DE UNA PLATAFORMA RESTFUL PARA ADMINISTRACION DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES L. A. Gama-Moreno, V. Plazola-Soltero, C. Murguía-Vadillo, J. A. Peralta-Nava	762
ISC - 02	DISEÑO DE UN SITIO WEB PARA LA PROMOCIÓN Y VENTA EN LÍNEA DE PRODUCTOS DE ORIGEN ARTESANAL DEL MUNICIPIO DE NAUPAN, PUEBLA I. Cázares-Hernández, G. Castillo-Quiroz, M. Cruz-Luna, H. Hernández-Cabrera	769
ISC - 03	CREACIÓN DE UN REPOSITORIO DE DATOS EN WINDOWS AZURE F.A. Torres-Vergara, G. Castillo-Quiroz, M. Cruz-Luna, H. Hernández-Cabrera	777
ISC - 04	SISTEMA DE EVALUACIÓN DOCENTE COMO APOYO A LA GESTIÓN ACADÉMICA DE LA UTEZ MORELOS E. C. Velázquez-Santana, J. A. Velázquez-Santana, J. C. Narvaéz-Figueroa, B. Amado-Sánchez	785
ISC - 05	UN ACERCAMIENTO AL PROCESO DE DESARROLLO DE SOFTWARE EN EL PRIMER SEMESTRE DE INGENIERÍA P. N. Cortez-Herrera, M. Serrano-Fragoso, Y. E. González-Navarro y E. López-Alarcón	793
ISC - 06	ARQUITECTURA DE APLICACIÓN DE UN ASISTENTE VIRTUAL PARA DISPOSITIVOS INTELIGENTES CON PANTALLA COMO APOYO EN EL PROCESO DE COMPRENSIÓN LECTORA R. Ojeda-Barbis, I. López-Martínez, L. A. Reyes-Hernández y C. Romero-Torres	799
ISC - 07	ANÁLISIS DE DATOS PARA PERFECCIONAR LA ACTUALIZACIÓN DE LISTAS DE MATERIALES DE TURBINAS EÓLICAS EN OPERACIÓN A. Castillo-González y A. González-Lorence	807
ISC - 08	SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL EN APLICACIÓN MÓVIL PARA LA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS EN TIEMPO REAL A. S. Morales García, L. Ángeles Hernández, A. González Lorence y J. G Ayala Landeros	816
ISC - 09	DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE MERCADOTECNIA A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE DATOS DE LA OPINIÓN PÚBLICA A. Bárcenas-Reséndiz y A. González-Lorence	822
ISC - 10	DISEÑO DE UNA APP MÓVIL PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA TARJETA ARDUINO PARA BACHILLERATO J. C. Vázquez-Guerrero, A. Hernández-Luna, C. J. Sampayo-Rodríguez	829
ISC - 11	USO DE METAPROGRAMACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE COMPROBANTES FISCALES DIGITALES (CFDI) G. G. Sánchez-Orduña, M. L. Acosta-Miranda, A. C. Navarrete-Fernández	837
ISC - 12	USO DE DATA WAREHOUSE COMO MEDIDA DE MARKETING. M. A. Riquelme-Mata, L. A. Domínguez-Sánchez, N. J. Ontiveros-Hernández, L. E. Marín-Vaca	843

ISC - 13	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE REGISTRO Y EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS I. M. Zambrano-Trujillo, H. J. Sosa-Martínez, L. Ángeles-Hernández y M.L. Acosta-Miranda	848
ISC - 14	ANÁLISIS DE LA AGRUPACIÓN AUTOMÁTICA DE CONTENIDO DE UNA MICROEMPRESA DE FOTOGRAFÍA EN INSTAGRAM MEDIANTE EL USO DE GOOGLE INCEPTION V3 Y SU IMPACTO EN EL ENGAGEMENT DEL CONTENIDO S. G. Puebla-Serrano, A. Gonzales-Lorence y A. Galván-Espinoza	854
ISC - 15	APLICACIÓN MÓVIL PARA EL REGISTRO DE ASISTENCIA DE ESTUDIANTES DEL ITZACATEPEC MEDIANTE ANDROID STUDIO. J. Á. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, M.H. Tiburcio-Zúñiga, S. Espinoza-Salgado	861
ISC - 16	APLICACIÓN MOVIL WEB RESER-AULAS MEDIANTE APPINVENTOR 2 PARA RESERVACIONES DE AULAS DE DOCENTES DEL CONALEP MORELOS J. Á. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, S. Espinoza-Salgado, M.H. Tiburcio-Zúñiga	867
ISC - 17	INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN EL DESARROLLO SOCIAL DE LOS PAÍSES EN LATINOAMÉRICA D M. Díaz-Duarte	872

ANÁLISIS SENSORIAL DE UN PAN DE CAJA CON HARINAS NO CONVENCIONALES Y ADICIONADO CON MUCÍLAGOS

U. Zavaleta-Bahena¹, L. Zavaleta-Avejar¹, W. N. Hernandez-Diaz¹, F. J. Hernández-Campos¹

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, calzada tecnológico No.27, col. Centro, Zacatepec Morelos, México- MG14090530@zacatepec.tecnm.mx, wendy.hd@zacatepec.tecnm.mx, leonor.za@zacatepec.tecnm.mx, francisco.hc@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (IBQ)

Resumen: En este trabajo se realizó dos tipos de evaluación sensorial a tres panes de caja elaborados con harinas no convencionales y adicionados con mucílagos de chía (*Salvia hispanica*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*). Se evaluó los atributos de textura, olor y sabor, además se hizo una prueba de referencia de los panes obtenidos contra un pan integral de la marca BIMBO. Esto con el fin de conocer si el uso de las harinas no convencionales y de los mucílagos son de utilidad en la creación de formulaciones de pan sin gluten con características sensoriales similares a los panes comerciales existentes en el mercado.

En este trabajo se realizó 2 tipos de evaluaciones sensoriales a tres panes de caja distintos, elaborados con harinas no convencionales más la adición de mucílagos. Las evaluaciones consisten en una prueba de los atributos sensoriales como lo son el olor, sabor y textura; además de una prueba de preferencia de los panes de elaboración propia en oposición de un pan comercial integral de la marca BIMBO. Esto con el fin de conocer si el uso de los mucílagos de chía (*Salvia hispanica*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) son de utilidad para la creación de formulaciones de pan sin gluten con características sensoriales similares de los panes comerciales existentes en el mercado.

Introducción

Actualmente en la industria de la panificación, el ingrediente primordial es la harina, principalmente la derivada del trigo, esto debido a su proteína esencial, el gluten, el cual está compuesto fundamentalmente por gliadina y glutenina (Biesiekierski, 2017). El gluten es el responsable de brindar las propiedades características a la masa, algunas de estas son la cohesividad, viscoelastividad, miga de calidad y aspectos sensoriales (Ruiz, 2009). Actualmente, existe una tendencia de mercado que se dirige hacia productos de panificación libres de gluten, debido a que un sector de la población es alérgico al gluten (Tye-Din et al., 2018). Se elaboran panes con harinas no convencionales las cuales provienen de cereales libres de gluten, (Di Cairano et al., 2020). Es en esta carencia del gluten donde se encuentra el reto de crear nuevas formulaciones para la industria panificadora, porque los panes libres de gluten tienen características sensoriales más pobres en comparación con los panes tradicionales de harina de trigo, algunas de estas características sensoriales más importantes son el color pálido, la textura de la miga, miga muy seca al momento de degustar, sabor no agradable, entre otras características no deseadas (Cappelli et al., 2020). Por tales razones es que se necesita de la evaluación sensorial, puesto que es de vital importancia para el desarrollo de alimentos, dado que permite la medición e interpretación del nivel de aceptación a diferentes atributos sensoriales mediante análisis descriptivos (Fiorentini et al., 2020). Con el fin de contribuir a las alternativas de panes sin gluten se elaboraron

dos formulaciones de pan (200 g de harina compuesta) con 70% de harina de arroz (*Oryza sativa*), 30% amaranto (*Amaranthus*) y 5 g de mucílagos de chía (*Salvia hispanica*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*). A los panes obtenidos se les evaluó con una prueba de atributos y una de preferencia.

Sección experimental y/o Fundamento Teórico:

Las pruebas sensoriales aplicadas a los panes obtenidos fueron una prueba de atributos y una prueba de preferencia. Para la primera prueba se realizó a 3 panes de caja diferentes de elaboración propia y para la segunda se utilizó un pan comercial además de los obtenidos. Las muestras se identificaron con un código de cinco dígitos aleatorios (Perri *et al.*, 2021). En la tabla 1 se pueden ver los códigos de cada pan.

Tabla 1.- Códigos de los panes

Formulación de mucílago de chía	54870
Formulación de mucílago de nopal	22973
Formulación de mucílago de chía-nopal	83061
Pan BIMBO integral comercial	28685

Las pruebas sensoriales, se realizaron con consumidores de pan en un rango de edad de entre 6 y 75 años. A causa de no contar con un grupo de panelistas no entrenados, se amplió el número de participantes a un grupo de entre 50 a 100. (Lamont, T. & McSweeney, M., 2021). Las pruebas se realizaron en diferentes lugares, como el Instituto Tecnológico de Zacatepec en los departamentos de química y bioquímica, ciencias de la tierra, electromecánica, en el colegio privado Harambee de Zacatepec y el salón de fiestas Arco Iris de Jojutla.

Prueba de atributos

Para estas pruebas se evaluaron los atributos de olor, sabor y textura de la miga, y se seleccionó una calificación en una escala de 5 puntos, las escalas son me gusta mucho, me gusta moderadamente, ni me gusta ni me desagrada, me disgusta moderadamente y me disgusta mucho (Nieto-Mazzocco *et al.*, 2020). Se les entregó a los consumidores cubos de 1 cm aproximadamente para la evaluación de los atributos y se entregó una hoja de evaluación.

Prueba de preferencia

Para estas pruebas se evaluó la preferencia de los participantes entre las 3 formulaciones propias de pan de caja sin gluten contra un pan comercial, el cual fue

el pan de caja integral de BIMBO. Se les entrego a los consumidores 3 pares de muestras en cubos de 1 cm aproximadamente, 2 muestras de los panes obtenidos (mucílago de chíá y mucílago de nopal) contra una muestra de pan comercial marca BIMBO. Antes de iniciar la evaluación los consumidores recibieron instrucciones de cómo deberían ejecutar la prueba para la evaluación de los atributos y se les entregó una hoja de evaluación los consumidores que se muestra en la figura 1.

Prueba de preferencia	
Nombre: _____ Sexo: M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Fecha: _____ Edad _____	
Instrucciones: Frente a usted hay seis muestras de dos tipos diferentes de <i>pan de caja</i> , 2 muestras tienen mayonesa, 2 muestras tienen mermelada de fresa y 2 muestras 2 panes de caja diferentes. Pruebe las muestras de izquierda a derecha y marque con una "X" la casilla de la muestra que usted prefiera. (Recuerde que no hay respuestas correctas/incorrectas, su opinión es lo más importante).	
Acompañamiento	Elegir Muestras
Pan con mayonesa	54870 <input type="checkbox"/> 28685 <input type="checkbox"/>
Pan con mermelada de fresa	54870 <input type="checkbox"/> 28685 <input type="checkbox"/>
Solo pan	54870 <input type="checkbox"/> 28685 <input type="checkbox"/>
Comentarios	

Figura 1. Hoja de prueba de preferencia

Resultados y Discusión:

En las figuras 2, 3 y 4 se muestran los resultados del análisis sensorial de los panes adicionados con mucílago de chíá, mucílago de nopal y ambos. En las figuras 2, 3 y 4 se puede observar que el pan que contiene la mezcla de mucilagos fue aceptado por su olor, sabor y textura, esto puede deberse a la retención de agua de los mucilagos lo que proporciona mayor retención de agua y por tanto el pan mejora su olor, sabor y textura.



Figura 2. Atributos de pan con mucílago de chíá



Figura 3. Atributos de pan con mucílago de nopal



Figura 4. Atributos de pan con mucílagos de chíá-nopal

En las figuras 5, 6 y 7 se presentan los resultados de preferencia de los panes. Se puede observar que los panes adicionados con mucilago de chíá aderezados con mayonesa tuvieron un 48 % de aceptación, los aderezados con mermelada de fresa un 41% y sin ningún aderezo un 38%; los panes adicionados con mucilago de nopal aderezados con mayonesa tuvieron un 51% de aceptación, los aderezados con mermelada de fresa un 61% de aceptación y sin ningún aderezo un 38%; y los panes con ambos mucílagos aderezados con mayonesa tuvieron un 43% de aceptación, los aderezados con mermelada de fresa un 41% y sin ningún aderezo un 38% de aceptación.

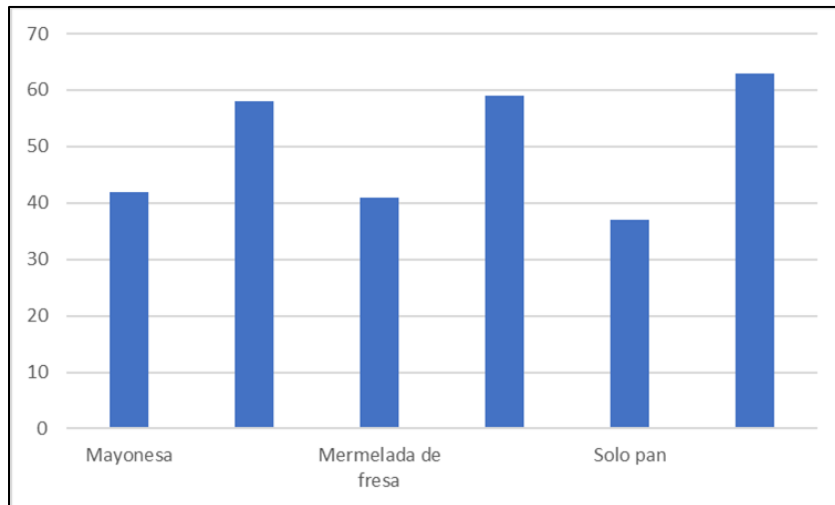


Figura 5. Resultados de preferencia de pan con mucílago de chíá

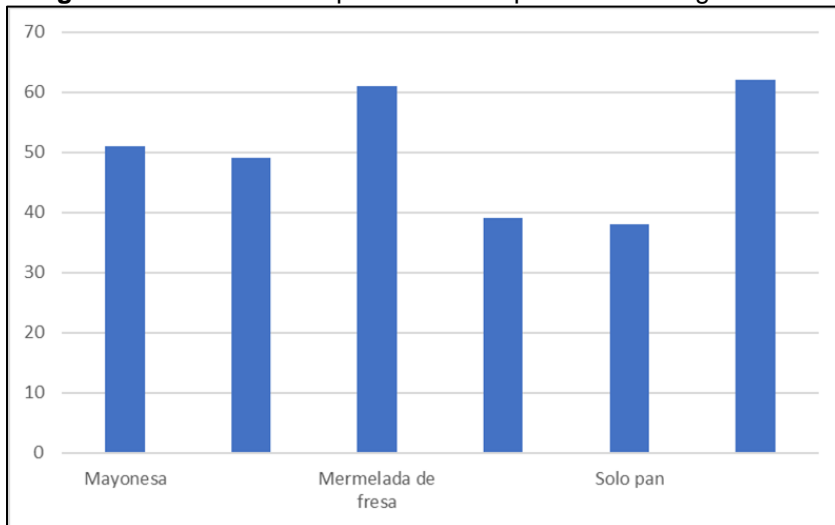


Figura 6. Resultados de preferencia de pan con mucílago de nopal

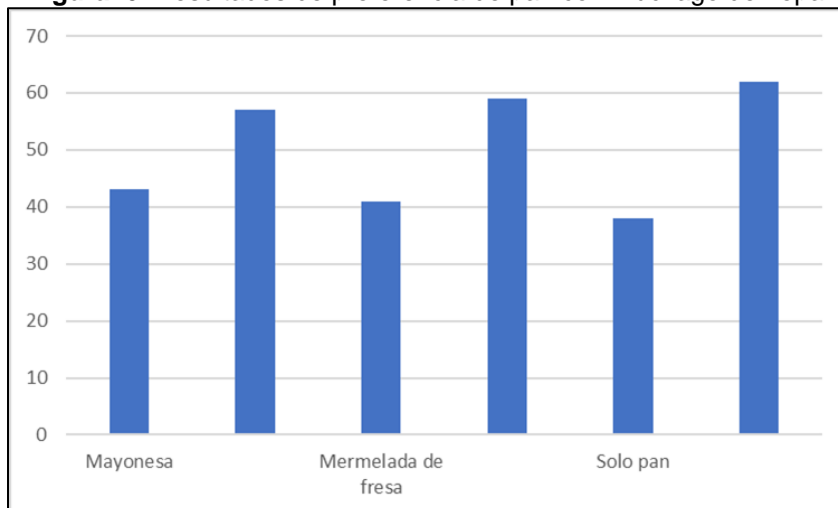


Figura 7. Resultados de preferencia de pan con mucílago de chíá-nopal

Conclusiones:

Los panes elaborados con mucílago de chía y nopal presentaron características organolépticas como lo son color, sabor y textura similares a las de un pan de caja comercial, por lo que las harinas bajo estudio como los mucílagos son una buena alternativa para su uso en la elaboración de un pan de caja.

Agradecimientos:

El autor U. Z. agradece a CONACyT por la beca otorgada en el desarrollo de la Maestría y al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Referencias:

- Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten? *Journal of gastroenterology and hepatology*, 32, 78-81.
- Cappelli, A.; Oliva, N.; & Cini, E. (2020). A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies. *Applied Sciences*, 10(18), 6559.
- Di Cairano, M.; Condelli, N.; Caruso, M. C.; Marti, A., Cela, N.; & Galgano, F. (2020). Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *Lwt*, 133, 109860.
- Fiorentini, M., Kinchla, A. J., & Nolden, A. A. (2020). Role of sensory evaluation in consumer acceptance of plant-based meat analogs and meat extenders: A scoping review. *Foods*, 9(9), 1334.
- Lamont, T., & McSweeney, M. (2021). Consumer acceptability and chemical composition of whole-wheat breads incorporated with brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*) or red seaweed (*Chondrus crispus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(4), 1507-1514.
- Nieto-Mazzocco, E.; Saldaña-Robles, A.; Franco-Robles, E.; Rangel-Contreras, A. K.; Cerón-García, A.; & Ozuna, C. (2020). Optimization of sorghum, rice, and amaranth flour levels in the development of gluten-free bakery products using response surface methodology. *Journal of food processing and preservation*, 44(1), e14302.
- Perri, G., Rizzello, C. G., Ampollini, M., Celano, G., Coda, R., Gobbetti, M., ... & Calasso, M. (2021). Bioprocessing of barley and lentil grains to obtain in situ synthesis of exopolysaccharides and composite wheat bread with improved texture and health properties. *Foods*, 10(7), 1489.
- Ruiz, M. G. (2009). proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de ciencia y tecnología*, 13(38), 27-32.
- Tye-Din, J. A.; Galipeau, H. J.; & Agardh, D. (2018). Celiac disease: a review of current concepts in pathogenesis, prevention, and novel therapies. *Frontiers in pediatrics*, 6, 350.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

LA BIOTECNOLOGÍA, DIABETES Y GRANOS INTEGRALES ¿CÓMO SE RELACIONAN Y QUÉ BENEFICIOS PROPORCIONAN?

S. K. Flores-Vilchis¹, A. S. Ruíz -Martínez¹

¹Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca
S/N Juan Morales, 62745 Cuautla, Morelos, México, m21680036@cuautla.tecnm.mx,
areli.ruiz@cuautla.tecnm.mx.

Área de participación: BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (IBQ)

Resumen: Hoy en la actualidad, en ocasiones la mayoría de la población desconoce el rendimiento que se genera al consumir productos a base de granos integrales y con el paso del tiempo las enfermedades van avanzando y aumentando sin importar, la edad, nacionalidad, complejión, genética, entre otras. El principal objetivo en esta investigación es ampliar el conocimiento al lector dando a conocer la relación que existe entre la biotecnología, los granos integrales y la alimentación, tomando en cuenta que esta dependerá de diversos factores, por ende, es recomendable consumir las proporciones o raciones establecidas de acuerdo a las organizaciones del sector salud en México, es importante acudir a médicos expertos para establecer una alimentación sana y basada en granos integrales (si así lo desea), para lograr observar los beneficios a corto plazo.

Introducción.

Los seres humanos tienen necesidades nutricionales, las cuales van a depender de acuerdo, a su estilo de vida, talla, edad, sexo, salud, y/o enfermedades que padece (Lopez, 2015), por ese motivo, tener una buena alimentación ayudará a prevenir diversas enfermedades, por lo tanto, consumir frutas y verduras, favorecerá el consumo de fibra y fitonutrientes (son las sustancias químicas que ayudan a las frutas y verduras a tener color y sabor((Colomer, 2023)).

Se sabe que los granos integrales tienen diversos beneficios, por ende, todos los productos que sean elaborados con ellos, generaran beneficios similares, por ejemplo, según (Martín, 2017), comenta que el pan integral regula el índice glucémico (es una medida, la cual ayuda a conocer el nivel de glucosa (azúcar) de manera rápida y eficiente (MedinePlus, 2020), obteniendo una dieta equilibrada y saludable (donde se deberá tomar en cuenta la alimentación y actividad física de manera individual y única), por eso (Redes, 2021) menciona que los cereales integrales se pueden identificar fácilmente, ya que estos poseen un aspecto más oscuro y esto ocurre gracias a la presencia del salvado.

Según (Pérez-Cruz et al. , 2019) realizo pronósticos y dedujo que, dentro de 7 años más (en el 2030), la séptima causa de mortalidad a nivel mundial, será la diabetes, pero a todo esto, ¿Por qué se genera la diabetes?, bueno, según, (OMS, 2016) dice que, la diabetes se presenta o es diagnostica cuando el organismo no es capaz de producir insulina o el páncreas se encuentra enfermo (o sea no produce los niveles adecuados de insulina).

Gracias a los avances tecnológicos, se cree que la terapia génica ayudará a curar la diabetes, pero, diversos estudios, demuestran que aún debe pasar y superar diversas pruebas de investigaciones, es por ello, que hoy en día se sigue analizado dicha teoría; es ahí donde entra la biotecnología, en todos los estudios que hacen falta por realizar y así lograr liberar el endógena de insulina desarrollando diversas estrategias para la adaptación del paciente.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Definición del grano integral

Todos los granos tienen un ciclo de crecimiento, por ende, son “granos enteros”, pero, si después de pasar por un molino y aún tienen sus partes fundamentales (el salvado, el germen y el endosperma) en proporción este se considera un grano integral (American Dietetic Association, 2008).

Estructura de los granos Integrales

Desde tiempo atrás la dieta mediterránea (se considera valiosa, porque fue transmitida y se enriqueció con las aportaciones que llegaron a finales del siglo XV, su consumo de dicha dieta es fresca, su grasa principal es el aceite de olivo y consumen un alto porcentaje de frutas, verduras, legumbres ricas en grasa con un menor consumo de pescado y carne de aves del corral, finalizando con un consumo libre (dependiendo de la cultura) de arroz, pan y pasta.) (Martínez et al., 2014) se basa en los cereales y sus derivados, y una alimentación correcta.

Composición y clasificación

El salvado (la cáscara) contiene una alta cantidad de fibra, el germen (o mejor conocido como el embrión de la planta) y endosperma está lleno de almidón (Ver figura 1) (Supplemental Nutrition Assistance, 2016), son las partes del núcleo de la harina integral, ahora bien, las harinas refinadas, solo cuentan con el endosperma, lo cual quiere decir que tiene diversas reducciones en minerales, vitaminas y nutrientes.



Figura 1. Anatomía de un grano integral.

Beneficios sanitarios al consumir granos integrales

Inculcar a los menores a consumir, productos integrales, suele ser difícil, pero, hay que recordar que con el ejemplo ellos en un futuro los consumirán por voluntad propia, considerando las proporciones establecidas, sin rebasarlas, porque diversos estudios (Ortega et al., 2015) demuestran un asociamiento con enfermedades crónico-degenerativas; como son el cáncer gastrointestinal, cáncer, la diabetes, problemas cardiovasculares y el síndrome metabólico.

Dichos beneficios van de la mano con el aporte de fibra y sus compuestos bioactivos (los cuales se encuentran en los alimentos como son las frutas, verduras, nueces, aceites y los granos integrales en cantidades pequeñas; estos compuestos están siendo analizados logrando obtener resultados positivos para prevenir el cáncer) (NCl, s.f.).

Los componentes escapan del proceso digestivo, estos son fermentados y producen ácidos grasos de cadena corta, disminuyendo el grado de acidez (PH) del colon, donde, a su vez sirven como fuente de energía, dando favoritismo al crecimiento de microfibra en el colon con una acción anti inflamatoria, también hay una disminución de ácido biliares y niveles de colesterol; todo esto se logra al consumir un alto contenido de cereales de grano completo. (Ortega et al. , 2015).

La cantidad de antioxidantes en los cereales de grano entero o completo, se pueden encontrar principalmente en el germen y el salvado, dichos antioxidantes han sido subestimados por mucho tiempo, pero, diversos estudios demostraron lo contrario, por ende, se dice que superan los antioxidantes de las frutas y verduras (Ver figura 2).

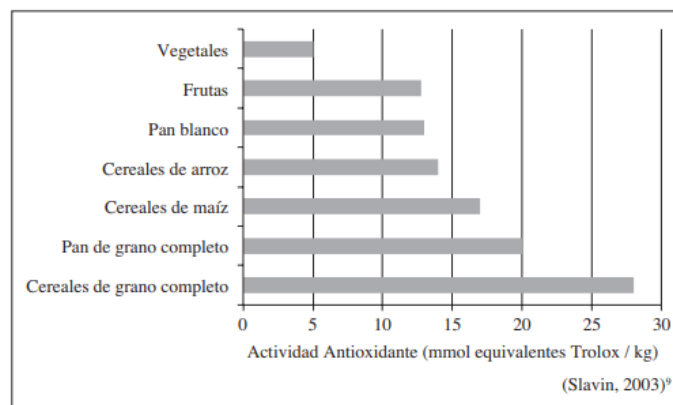


Figura 2. Antioxidantes de los cereales integrales de grano completo.

Recomendaciones energéticas

Con ayuda de (Pérez-Cruz et al. , 2019), menciona las diferencias de cuatro normas (Ver tabla 1), donde, se podrán observar la energía, proteínas, grasas e hidratos de carbono que deberá consumir un adulto, también es importante saber el significado de los acrónimos, por eso, se mencionarán antes de interpretar la siguiente

información, el primer acrónimo que se encuentra es “NOM” y su significado es Norma Oficial Mexicana, continuando con “IDF” (siglas en inglés) y al traducirlo quedaría Federación Internacional de Diabetes, posteriormente “ADA” con su traducción sería Asociación Americana de Diabetes y finalizando con “AACE” (siglas en inglés) denominada Asociación Americana de Endocrinólogos Clínicos.

Tabla 1. Cuadro comparativo de las dependencias nutricionales

Nota: Índice Glucémico (IG)
 Índice de Masa Corporal (IMC)
 Carga glucémica (CG)

	NOM-015	ADA	AACE	IDF
Energía	Disminuir 250-500 cal/día IMC \geq 30 kg/m ² 20-25 kcal/día	Disminuir 500-750 cal/día para lograr una pérdida de peso del 5%	Reducción calórica en pacientes con IMC \geq 25 kg/m ²	Disminuir 500-600 cal/día en pacientes con IMC \geq 25 kg/m ²
Hidratos de carbono	50-60% < 10% simples Fibra 14 g/1000 kcal	< 55% Uso de IG y CG Fibra 14 g/1000 kcal Uso de edulcorantes	45-65% Disminuir el consumo de alimentos con alto IG	50-55% Alto contenido de fibra Alimentos con bajo IG
Proteínas	15%	15-20%	15-35%	15%
Grasas	30% 7% saturadas 15% monoinsaturadas 200 mg/día colesterol	25-30% 7% saturadas < 200 mg/día de colesterol	25-35%	30-35% 15-20% monoinsaturadas

Cálculo de las necesidades calóricas diarias

Como se sabe, tanto adultos como niños tienen diferente consumo de calorías, por lo tanto, según (ASCENCIA diabetes care, 2014), lo clasifica en tres grupos, el primer grupo son niños menores de dos años, el segundo grupo, lo conforman los niños entre dos y cinco años y por último el tercer grupo está formado por mayores de cinco años. En el primer grupo, las calorías tendrán que ser igual a los niños de su edad considerando la leche materna (si se le da) o fórmula y poco a poco introducir alimentos complementarios, esos dependerán de acuerdo a la talla y peso del menor, el segundo grupo, deberá ir disminuyendo poco a poco el consumo de grasas de origen animal (por ejemplo, la grasa de cerdo, los quesos, piel de pollo, etc.), y el tercer grupo, la comida deberá ser más rica en fibra, pero, si la vida es sedentaria, se deberá de reducir las calorías entre 200 a 400 para evitar enfermedades cardiovasculares (obesidad).

Al igual que los adultos, los menores también tienen un porcentaje de calorías establecido para mantener un peso y obtener un crecimiento sano, dichas calorías se recomienda estar dividida en hidratos de carbono (se recomienda un 50 a 55 % de consumo diario), proteínas (el consumo recomendado es del 10 a 15%), grasas (con el 30-35% de consumo recomendado) y grasas saturadas (menos del 7% de consumo). (ASCENCIA diabetes care, 2014).

Gracias a la siguiente fórmula (Ver figura 3), se podrá calcular las calorías diarias;

y solo se aplicará hasta los 10 (para las mujeres) y 15 (para los varones) años, el motivo por el cual solo se aplica hasta esa edad, es porque, los varones no necesitan consumir más de 2,500 calorías diarias y las mujeres deberán consumir menos de 2,000 calorías.

Para facilitar el cálculo de las Kcal diarias que necesita el niño, empleamos la siguiente fórmula:

$$1.000 + (100 \times \text{edad en años}) = \text{kcal. /día}^*$$

Figura 3. Fórmula para calcular las calorías diarias para los menores.

Definición de la biotecnología

Según (Grisolia, 2012) dice que es una ciencia basada en la obtención de bienes y servicios con ayuda de los procesos biológicos y el conocimiento de los seres vivos. Dicha de otra manera más sencilla, es cualquier técnica que ocupe organismos vivos para producir o crear productos. (Morcillo et al. , 2013).

Posible cura para la diabetes con ayuda de la biotecnología

Tomando en cuenta diversas investigaciones, es importante resaltar la importancia de la biotecnología en diversas áreas, en especial en la salud, las personas que sufren diabetes tienen un alto porcentaje de beneficio, porque gracias de ella, se están creando tratamientos nuevos para combatir dicha enfermedad y su vez herramientas preventivas muy útiles para todos aquellos que se encuentren en riesgo para contraerla.

Sin importar el origen y tipo de la diabetes, estas se caracterizan por no contar con la capacidad suficiente de células beta (es una hormona, la cual ayuda a producir la insulina adecuada y a su vez controla el nivel de glucosa en la sangre (KidsHealth, s.f.)) e islotes de Langerhans del páncreas (se encuentran dentro del páncreas y contienen células beta (Medlineplus, 2022)), los cuales ayudan a liberar la insulina del torrente sanguíneo obteniendo valores estándares de glucemia normal (nivel de azúcar) (Torrades, 2003). Anteriormente se creía que la terapia exógena no soluciona el problema base con la diabetes, por lo tanto, continuaron con los estudios y ahora la terapia génica pretende “curarla” modificando los genes implicados en la enfermedad.

Según (Torrades, 2003), comenta que para introducir un gen en la célula eucariota, se deberán ocupar vectores como virus y deberán ser capaces para introducir el material genético en las células diana (también llamada célula blanca u objetivo y su principal función es detectar la señal de las células adyacentes (Academy, 2017)).

Una vez realizadas las modificaciones genéticas de las células diana, se puede llevar a cabo de dos maneras in vivo o in vitro, donde, la primera, consiste en

introducir genes en las células defectuosas (se considera que es la terapia ideal), pero, por el momento es la que presenta más obstáculos ya que no es tan fácil acceder a los tejidos diana de manera directa, se podrían generar tumores y no sería posible mantener información reciente a través del tiempo, por ende, la segunda, se considera que es la más desarrollada, en ella se deberá extraer una parte de las células afectadas y/o remplazarlas con tal potencial, una vez extraídas, se cultivaran, modificaran y se “trasplantara” (Torrades, 2003).

Generar una fuente de células que produzcan estándares de glucosa aceptables, sería la mejor opción para los pacientes diabéticos, ya que estas podrían ser trasplantadas sin necesidad de suprimir la inmunidad del paciente.

Resultados y Discusión.

La biotecnología moderna se lleva en la sangre (literalmente) y no deja de sorprender con las innovaciones que se van realizando día a día, ayudando a combatir el hambre y las enfermedades; la primera hace unos años atrás se empezó a realizar de manera más limpia y segura, la segunda se pueden observar las diversas vacunas que se realizaron para combatir la actual pandemia de COVID y no solo es gracias a la biotecnología, también es gracias al conocimiento y aprendizaje humano, por lo tanto, consumir granos integrales se obtienen diversos beneficios, pero, si se incluye la biotecnología, se tendrían mejores resultados, los cuales hoy en la actualidad (aún) se encuentran en investigaciones de campo.

Conclusiones.

Para finalizar dicha investigación, se llega a la siguiente conclusión, es importante considerar los aspectos personales (estilo de vida, peso, talla, actividades cotidianas, etc.) para realizar una dieta basa en granos integrales, pero, siempre se deberá consultar a un experto y así visualizar mejores resultados a corto plazo.

Es cierto que, con apoyo de la biotecnología, se generarán innovaciones verídicas, las cuales apoyaran y alentaran a obtener mejores resultados para todos los que padezcan diabetes o en dado contrario estén en riesgo.

Agradecimientos.

Agradezco a mi familia, familiares y amigos, por tener la paciencia suficiente, para adaptarse a los cambios venideros y sobre todo contar con su apoyo al alentarme a finalizar dicha investigación; la cual será parte fundamental para obtener el grado de maestra.

Referencias.

Academy, K. (2017). *Introducción a la señalización celular (artículo)*. Recuperado el 24 de 03 de 2023, de <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cell-communication-and-cell-cycle/cell-communication/a/introduction-to-cell-signaling#:~:text=C%C3%A9lula%20diana%3A%20esta%20c%C3%A9lula%20tiene,que%20finalmente%20generan%20una%20respuesta.>

- American Dietetic Association. (2008). Granos integrales. *American Dietetic Association*, 1-2. Recuperado el 10 de Febrero de 2023, de <https://www.umassmed.edu/contentassets/4566d57b08a94df4a58eaab8fd2d3ce1/nutrition-fact-sheet--whole-grains-spanish.tif.pdf>
- ASCENCIA diabetes care. (06 de 2014). *ASCENCIA diabetes care*. Recuperado el 09 de 03 de 2023, de <https://www.diabetes.ascencia.es/siteassets/pdf/a-comer.pdf>
- Colomer, J. (2023). *Blog de Fitness, Nutrición, Salud y Deporte | Blog HSN*. Recuperado el 16 de 03 de 2023, de <https://www.hsnstore.com/blog/nutricion/plantas/fitonutrientes-que-son-cuales-son-sus-beneficios-para-la-salud/>
- Gloria Morcillo Ortega, E. C. (2013). *Bioteología y alimentación*. Madrid, España: UNED. Recuperado el 23 de 03 de 2023, de https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=nuSaMjyva4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=biotecnolog%C3%ADa+de+alimentos&ots=yuAmVBX9oV&sig=ie_ljCO1aOGIFRfdsQyPxn59gkk#v=onepage&q&f=false
- Grisolia, A. B. (09 de 2012). Biotecnología aplicada a la alimentación y la salud humana. *Rev Chil Nutr Vol. 39, N°3, 1-2*. Recuperado el 23 de 03 de 2023, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v39n3/art14.pdf>
- KidsHealth. (s.f.). *KidsHealth*. Recuperado el 24 de 03 de 2023, de <https://kidshealth.org/es/teens/beta-cells.html#:~:text=Las%20%C3%A9lulas%20beta%20producen%20insulina,por%20equivocaci%C3%B3n%20de%20las%20%C3%A9lulas%20beta.>
- Lopez, D. G. (2015). *Guía de Alimentación para los Facilitadores de Salud*. Recuperado el 08 de 03 de 2023, de <https://www.paho.org/hon/dmdocuments/Guia%20de%20Alimentacion%20Muestra%2008%2002%2016%20II.pdf>
- Martín, L. (15 de 11 de 2017). *AS.com*. Recuperado el 09 de 03 de 2023, de https://as.com/deporteyvida/2017/11/15/portada/1510772586_802193.html
- Martínez Álvarez Jesús Román, Villarino Marín Antonio. (2014). *Dieta mediterránea Avances en Alimentación, Nutrición y Dietética*. España. Recuperado el 03 de Febrero de 2023, de <https://nutricion.org/wp-content/uploads/2019/04/Dieta-Mediterranea-Avances-2014.pdf>
- MedlinePlus. (18 de 10 de 2020). Recuperado el 09 de 03 de 2023, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000941.htm>
- Medlineplus. (01 de 02 de 2022). *Medlineplus*. Obtenido de https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/17151.htm
- NCI, D. d. (s.f.). *Instituto Nacional del Cáncer*. Recuperado el 01 de Febrero de 2023, de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/compuesto-bioactivo>
- OMS. (2016). Informe mundial sobre la diabetes. 4-9. Recuperado el 09 de 03 de 2023, de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254649/9789243565255-spa.pdf>
- Ortega, R. M., Aparicio Vizuete, A., & Jimenez Ortega, A. I. (2015). Cereales de grano completo y sus beneficios sanitarios. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 2-8. doi:10.3305/nh.2015.32.sup1.9475
- Pérez-Cruz, E., Calderón-Du, D. E., Cardoso-Martínez, C., Dina-Arredondo, V. I., Gutiérrez-Déciga, M., Méndez-Fuentes, C. E., . . . Volantín-Juárez, F. E. (31 de 12 de 2019). Estrategias Nutricionales en el Tratamiento del Paciente con diabetes mellitus. *Revista médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 58(1), 1-11. doi:2020;58(1):50-60
- Redes. (17 de 09 de 2021). *Asociación Diabetes Madrid*. Recuperado el 08 de 03 de 2023, de <https://diabetesmadrid.org/beneficios-de-los-alimentos-integrales/>
- Supplemental Nutrition Assistance. (2016). *Fundamentos de la Harina Integral*. Recuperado el 08 de 02 de 2023, de <https://www.foodhero.org/sites/foodhero-prod/files/monthly-magazines/April%20Food%20Hero%20Monthly%20Spanish.pdf>
- Torrades, S. (2003). Terapia génica para curar la diabetes. *Elsevier*, 116-124. Recuperado el 23 de 03 de 2023, de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-terapia-genica-curar-diabetes-13046057>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ELABORACIÓN Y ANÁLISIS SENSORIAL DE GALLETAS A BASE DE HARINA DE ALPISTE (*PHALARIS CANARIENSIS*) SABOR MANZANA-CANELA Y ARÁNDANO

D, Estrada-Severiano¹, C. D. Arrieta-González¹, L. Ortega-Rosas¹, E. García-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- L18320339@zacatepec.tecnm.mx, cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx, mg05090355@zacatepec.tecnm.mx, edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx.

Área de participación: CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (IBQ)

Resumen: A medida que crece el número de personas que sufren de intolerancia al gluten, se han tenido que aprovechar distintos tipos de pseudocereales y leguminosas para la elaboración de alimentos como lo es el alpiste que puede ser más beneficioso por su aportación nutrimental y de bajo costo de producción en comparación con los ya ampliamente comercializados. Además, su falta de gluten es lo que lo ha puesto en el ojo de diferentes sectores, sobre todo cuando se quiere enriquecer productos horneados destinados para personas celíacas, lo que eleva su potencial de uso. En este contexto, surge la oportunidad de formular galletas a base de harina de alpiste sabor manzana-canela y arándano especialmente dirigidas a personas celíacas. Para ello se llevó a cabo el análisis sensorial que nos permita conocer las preferencias del consumidor y así realizar la elaboración de un nuevo producto que se adapta a las necesidades y preferencias del mercado.

Introducción.

Las nuevas tendencias de consumo de alimentos reflejan variaciones en el comportamiento de las personas a nivel mundial. La población ha puesto más atención por el medio ambiente y su estilo de vida, lo que se refleja en su preocupación por las enfermedades relacionadas al origen de los alimentos y con la mala alimentación. Por ello, hay un mayor interés en llevar una dieta saludable mediante la selección que mejoren la nutrición, aumentan las defensas del cuerpo y ayudan en la prevención de enfermedades crónicas. (Añazco, Vásquez, & Illescas, 2021).

A lo largo del tiempo, varias empresas alimentarias han explotado diferentes tipos de cereales en grandes cantidades sin contemplar el impacto ambiental como la sobreexplotación de suelos. Existe otra variedad de grano como lo es el alpiste que puede ser más beneficioso por su aportación nutrimental y de bajo costo de producción en comparación con los ya ampliamente comercializados.

El alpiste se ha destacado principalmente como alimento para aves ornamentales. Sin embargo, su alto valor nutricional y la falta de gluten es lo que lo ha puesto en el ojo de diferentes sectores, sobre todo cuando se quiere enriquecer productos horneados destinados para personas celíacas, lo que eleva su potencial uso. (González Cobos, 2019).

El alpiste es un grano con diversas características que son beneficiosas para la salud, entre las que destaca: posee enzimas que son importantes para metabolizar las comidas, contiene un alto contenido de lipasa la cual se encarga de eliminar el exceso de grasa del cuerpo, contiene antioxidantes que ayudan a eliminar toxinas del cuerpo y ayuda a mantener sano el hígado, el páncreas y los riñones. Debido a esto, es por lo que se recomienda su consumo en personas diabéticas e hipertensas. Además, su composición da un incremento de fibras y otros nutrientes de los que carecen los productos actualmente comercializados para la población celíaca. (Villalba Marín, 2016).

A medida que crece el número de personas que sufren de intolerancia al gluten, se ha tenido que aprovechar distintos tipos de pseudocereales y leguminosas para la elaboración de alimentos. Sin embargo, estos productos llegan a ser de difícil adquisición y/o solo se encuentran en tiendas especializadas y aun alto costos, lo que afecta en la canasta familiar. Con base a lo anterior, se crea la necesidad de formular galletas a base de harina de alpiste sabor de manzana-canela y arándano especialmente dirigidas a personas celiacas.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Realización de encuesta sobre las preferencias sensoriales en galletas.

En la industria alimentaria, el conocimiento de las preferencias del consumidor es la base para el desarrollo de nuevos productos. La encuesta es una herramienta efectiva para obtener información relevante acerca de los gustos y preferencias de los consumidores. Como primera parte de la elaboración de una nueva galleta, se realizó una encuesta a 101 personas para conocer su preferencia en cuanto a galletas.

La encuesta se enfocó en aspectos sensoriales de las galletas, como textura, dureza, espesor, olor, color y sabor, con el fin de conocer las características que aprecian los consumidores a la hora de la selección de una galleta.

Obtención de la harina de alpiste

Para la elaboración de las galletas se utilizó alpiste apto para consumo humano, por lo que se aseguró que este careciera de sílice para garantizar la seguridad alimentaria. Se utilizó un molinillo de grano eléctrico con una capacidad de 1000 gramos, lo que permitió una molienda uniforme del alpiste. La molienda es de gran importancia ya que ayuda a que las galletas tengan una buena textura y, además, asegura una buena absorción de los nutrientes presentes en el alpiste.

Elaboración de galletas

Para la elaboración de las galletas se mezcló la harina de alpiste con el resto de los ingredientes, los cuales son jarabe de agave, agua y polvo para hornear. Dependiendo el sabor de las galletas, se le agregó manzana y canela o arándanos. Los porcentajes de cada uno de los ingredientes se encuentran en las Tabla 2 y Tabla 3, las cuales proporcionan información de la cantidad de cada componente utilizado en la formulación de las galletas de alpiste.

Tabla 2. Formulación de galletas a base de harina de alpiste sabor manzana-canela.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Harina de alpiste	39.39
Arándanos	14.77
Jarabe de agave	1.23
Agua	44.31
Polvo para hornear	0.30

Tabla 3. Formulación de galletas a base de harina de alpiste sabor arándano.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Harina	37.45
Manzana	14.04
Jarabe de agave	4.68
Agua	42.13
Polvo para hornear	0.28
Canela	1.40

Análisis sensorial

Para evaluar la aceptación sensorial de los productos elaborados, se reclutaron 101 panelistas no entrenados. A cada panelista se entregó un instrumento de evaluación de grado de aceptación basado en una prueba hedónica de 5 puntos como se puede observar en la Figura 1. Los productos evaluados fueron las galletas a base de harina de alpiste sabor manzana-canela (GAMC1) y la galleta a base de harina de alpiste sabor arándanos (GAAR2), y los parámetros a evaluar fueron la textura, dureza, espesor, color, olor y sabor. Posteriormente se les pidió que indicaran cuál de las dos galletas les gustaba más.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el nivel de agrado de los atributos de la galleta, marcando cada uno de los parámetros de puntaje del 1 al 5 en función a la siguiente escala.

1 Me disgusta mucho 2 Me disgusta moderadamente 3 No me gusta ni me disgusta 4 Me gusta moderadamente 5 Me gusta mucho

	GAMC1	GAAR2
Textura		
Dureza		
Espesor		
Color		
Sabor		
Olor		

Marque con una X cuál fue de tu mayor agrado.

GAMC1	GAAR2

Figura 1. Instrumento de evaluación de grado de aceptación para las galletas.

Resultados y Discusión.

Los resultados obtenidos de la encuesta permitieron conocer las preferencias de los consumidores en cuanto a las galletas, lo que resultó valioso para la elaboración de una nueva galleta que se adapte a estas necesidades y preferencias del mercado. Estos arrojaron que la mayoría prefiere una galleta de espesor medio (entre 0.63 a 1.27 cm), con una textura crujiente (72.2%) y de color marrón (53.5%) o dorado (39.6%). En cuanto al olor, se observó que se tenía preferencia por el aroma a canela (25.7%) y a frutas (19.8%).

Los datos del análisis sensorial, en la cual participaron 101 panelistas no entrenados con edades entre 7 a 60 años, fueron concentrados en una gráfica de Telaraña de Bernstein como se muestra en la Figura 2.

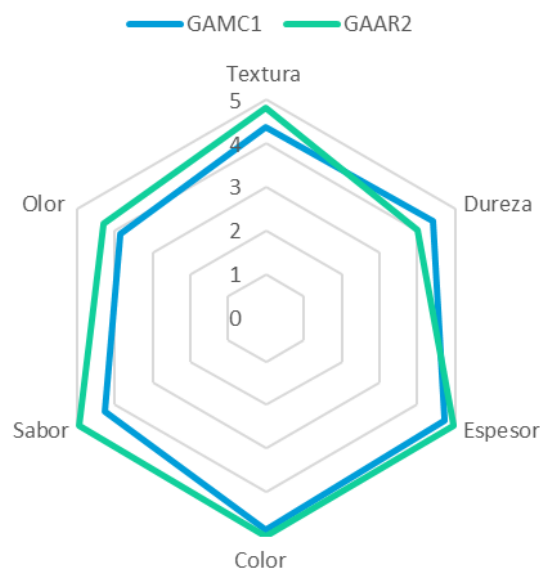


Figura 2. Telaraña de Bernstein del análisis sensorial de las galletas.

Posteriormente, en la Tabla 3 se presenta la concentración de resultados referentes a seis parámetros de comparación considerados, los cuales son: textura, dureza, espesor, color, sabor y olor, esto con la finalidad de obtener la muestra que represente mejor desempeño y aceptabilidad. En dicha tabla se presenta el promedio obtenido por cada parámetro (considerando 5 como puntaje máximo), así como también se muestra la desviación estándar (DE) obtenida considerando dichos datos y finalmente, el coeficiente de variación (CV) de ambas muestras para los distintos parámetros comparativos.

Tabla 4. Análisis sensorial de las galletas.

	Textura	Dureza	Espesor	Color	Sabor	Olor
GAMC1	4.38	4.43	4.72	4.86	4.28	3.86
GAAR2	4.81	4	4.96	5	4.95	4.31
DE	0.30	0.30	0.17	0.10	0.47	0.32
CV (%)	6.62	7.21	3.51	2.01	10.27	7.79

Tomando en cuenta los resultados presentados en la tabla anterior se observa lo siguiente:

- La muestra GAAR2 presentó mejor resultado en cuanto al parámetro de textura, obteniendo un 8.94% mayor aceptabilidad respecto a la muestra GAMC1.
- La muestra GAMC1 presentó un 9.70% mayor grado de dureza respecto a la muestra GAAR2.
- La muestra GAAR2 obtuvo mayor porcentaje de aceptabilidad en el parámetro de espesor, obteniendo un 4.83% más que la muestra GAMC1.
- La muestra GAAR2 presentó porcentajes mayores de aceptabilidad respecto a la muestra GAMC1 en los parámetros color, sabor y olor; obteniendo porcentajes mayores 2.8%, 13.5%, 10.44%, respectivamente.

Considerando lo enlistado anteriormente, se destaca que la muestra GAAR2 es la que obtuvo mejores resultados en la mayor cantidad de parámetros evaluados como se puede observar en la Figura 3.

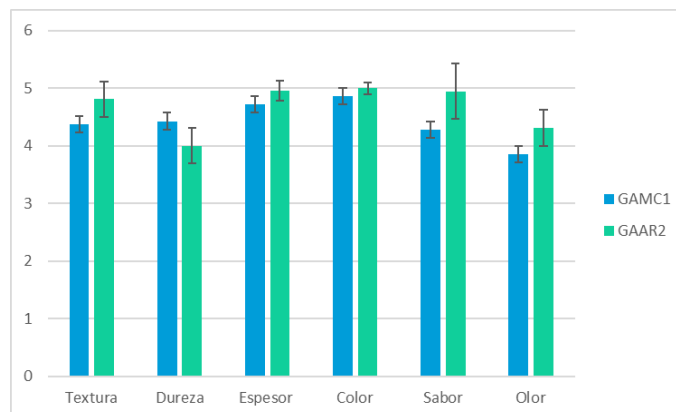


Figura 3. Gráfica de barras de los resultados del análisis sensorial.

Conclusiones.

Las galletas resultantes cumplen con la mayoría de las características que obtuvieron el más alto porcentaje en la encuesta sobre las preferencias de los consumidores en cuanto a galletas. Gracias al análisis sensorial realizado se pudo observar que la muestra GAAR2 obtuvo mayor aceptabilidad, sin embargo, los panelistas mostraron agrado por ambas muestras. Podemos concluir que, tanto la encuesta como el análisis sensorial, ayudó a conocer las preferencias del consumidor y así permitir la elaboración de un nuevo producto que se adapta a las necesidades y preferencias del mercado.

Agradecimientos.

Agradezco al TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, por permitir el uso de sus instalaciones para la elaboración de este proyecto.

Referencias

- Añazco, R. F. E., Vásquez, D. L. P., & Illescas, M. L. G. (2021). Los superalimentos como tendencia del mercado: Un análisis de las oportunidades para las empresas exportadoras. *INNOVA Research Journal*, 6(2), 157-179.
- González Cobos, A. (2019). Estudio del efecto de la adición de harina de alpiste sobre la calidad de galletas sin gluten.
- Villalba Marín, D. A. (2016). *Producción y comercialización de galletas de alpiste con stevia en la empresa LUCEPA de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA NUTRICIONAL DE AGAVES EN DISTINTOS SUELOS: UNA GUÍA PARA LA FERTILIZACIÓN ADECUADA

D. L. Batalla-Carpintero, S. Espinoza-Salgado, T.E. Higareda-Pliego y J. Cuenca-Hernández

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, , Calzada Tecnológico
No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México, mq12090856@zacatepec.tecnm.mx,
socrates.es@zacatepec.tecnm.mx, tomas.hp@zacatepec.tecnm.mx,
mg10090167@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (IBQ)

Resumen: El presente artículo se enfoca en la comparación de la demanda nutricional de 3 especies de agave en diferentes tipos de suelo. El objetivo es identificar las mejores prácticas para lograr un alto rendimiento en la producción de agave y obtener mezcales de alta calidad y sabor excepcional. Se discuten los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo del agave, las condiciones climáticas ideales, los fertilizantes adecuados y las técnicas de cultivo más eficientes. También se hace mención varias formas de proporcionar nutrientes al agave, incluyendo fertilizantes orgánicos o químicos, composta y manejo adecuado del suelo.

Introducción.

Existen varias especies de agave en México, incluyendo el *agave tequiliana*, el *agave angustifolia* y el *agave cupreata*, cada una con sus propias características en cuanto a sabor, aroma y rendimiento en la producción de mezcal.

El cultivo de agave es fundamental en la producción de mezcal, y cada especie de agave tiene sus propias características en cuanto a los requerimientos nutricionales y climáticos para su correcto desarrollo. En general, el agave requiere de una serie de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros micronutrientes para un buen crecimiento y desarrollo.

El *Agave angustifolia*, también conocido como “espadín” se utiliza como materia prima para la producción de mezcal. La especie soporta condiciones ambientales, tales, como déficit hídrico, alta temperatura, suelos moderadamente salinos y de fertilidad baja, que limitan el crecimiento y productividad de otras plantas de cultivo (Andrade et al., 2007; García, 2007; Enríquez-del-Valle, 2008), crece en terrenos con pendientes moderadas a pronunciadas, suelos pedregosos. Esta especie presenta fotosíntesis de tipo metabolismo ácido de las crasuláceas, MAC (Matiz et al., 2013) y que permite obtener ganancias netas de carbono con pérdidas mínimas de agua (Winter y Smith, 1996).

El agave *tequiliana weber* (Azul) necesita climas que tengan un invierno suave y una temporada de lluvias claramente definida, Los suelos ideales son aquellos que tienen una textura franco-arcillosa, son permeables, contienen muchos nutrientes derivados del basalto y tienen una alta concentración de hierro. Con respecto al pH, se ha encontrado que el agave tequilero presenta una elasticidad de adaptación a este factor, desarrollándose en suelos cuyo pH puede variar desde 6.0 a 8.5 y una alta exposición a los rayos solares. (SAGARPA, 2017).

El propósito de este estudio es hacer una comparación entre los nutrientes y las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo óptimo del agave, Con el fin de encontrar las prácticas más adecuadas para lograr un alto rendimiento en la producción de esta planta. Para ello, se busca determinar los fertilizantes adecuados y las técnicas de cultivo más eficientes para obtener un agave saludable y de calidad, lo que a su vez permitirá obtener mezcales de alta calidad y sabor excepcional.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El rendimiento del agave en la producción de mezcal está condicionado por diversos factores, incluyendo el tamaño y edad de las plantas, el clima, la calidad del suelo, la técnica de cosecha y la destilación, además del contenido de nutrientes en el agave.

Para aumentar el rendimiento del agave en la producción de mezcal, es importante seleccionar la variedad adecuada de agave, manejar el cultivo, seguir una técnica de cosecha, utilizar un proceso de cocción adecuado y seguir un método de destilación.

AGAVE TEQUILIANA WEBER (AZUL)

Se trata de una planta perenne que crece en áreas áridas, caracterizada por sus hojas en forma de pencas largas, estrechas y rígidas de color azul, las cuales corresponden a los tallos de las hojas. Se siembra preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. En la tierra labrada se plantan los hijuelos o semillas que se arrancan de una planta madre. (SAGARPA, 2017)

El agave *tequilana weber*, como todas las plantas, necesita una serie de nutrientes y una combinación de condiciones climáticas para su crecimiento y desarrollo adecuados. Algunos de los minerales esenciales que necesita el agave tequilana se muestran en la tabla 1.

Es importante proporcionar al *agave tequilana* una cantidad equilibrada de estos nutrientes a través de fertilizantes adecuados y cuidados adecuados para asegurar un crecimiento y desarrollo saludable.

Temperatura: El *agave tequilana* crece mejor en climas cálidos y secos con temperaturas diurnas entre 25°C y 30°C y temperaturas nocturnas entre 12°C y 18°C. (SAGARPA, 2017)

Precipitación: El agave tequilana necesita una cantidad adecuada de agua para crecer, sin embargo, es importante tener en cuenta que un exceso de humedad puede ser dañino para la salud de la planta. La cantidad de agua necesaria para el crecimiento del *agave tequilana* varía según la región, pero en general se requiere una precipitación anual de entre 400 y 800 mm.

Suelo: El *agave tequilana* prefiere suelos bien drenados y ligeramente ácidos. El pH del suelo ideal para el *agave tequilana* es de 6 a 7.

Tabla 5. Nutrientes Agave Azul

Simbolo	Nombre	Descripción
N	Nitrógeno	Necesario para la formación de proteínas y el crecimiento de la planta.
P	Fósforo	Es un elemento esencial para la fotosíntesis, el crecimiento de las raíces y otros procesos biológicos como la floración.
K	Potasio	Juega un papel importante en la producción de azúcares y en la resistencia a enfermedades y estrés.
Ca	Calcio	Importante para el desarrollo de las paredes celulares y la resistencia a enfermedades.
Mg	Magnesio	Resulta fundamental para la fotosíntesis y el crecimiento de las hojas.
Fe	Hierro	Requerido para la síntesis de clorofila y el proceso fotosintético.
Zn	Zinc	Fundamental para el desarrollo de las raíces y la síntesis de clorofila.

AGAVE ANGUSTIFOLIA HAW (ESPADIN)

Esta planta presenta características morfológicas propias de las suculentas y forma una gran roseta que puede alcanzar una altura y diámetro de 1.5 a 2 metros. Sus hojas son rígidas, con espinas marginales y apicales, y produce un tallo floral que puede llegar a medir hasta 6 metros de altura. El tallo de la roseta, denominada piña, que en promedio su peso fresco es de 80 kg contiene 21.16% de azúcares reductores totales del peso fresco (González-González et al., 2007; Cruz et al., 2013), su raíz es superficial, crece en terrenos con pendientes moderadas a pronunciadas, suelos pedregosos.

El *agave angustifolia* requiere de una variedad de nutrientes Para asegurar su correcto crecimiento y desarrollo, es crucial considerar también las condiciones climáticas. A continuación, en la tabla 2 se presentan algunas condiciones ideales en cuanto a nutrientes.

Es importante proporcionar al *agave angustifolia* una cantidad equilibrada de estos nutrientes a través de fertilizantes adecuados y cuidados adecuados para asegurar un crecimiento y desarrollo saludables.

Suelo: El *agave angustifolia* requiere que el suelo tenga una buena capacidad de drenaje, sea rico en materia orgánica y tenga un pH en el rango de 5.5 a 6.5.

Clima: El *agave angustifolia* prefiere un clima cálido y seco, Asimismo, es necesario que la planta esté expuesta a temperaturas diurnas que oscilen entre los 25°C y 30°C, y temperaturas nocturnas que se encuentren en el rango de los 15°C y 20°C. Además, requiere una precipitación anual de entre 600 y 1000 mm, y es importante que haya una temporada seca bien definida para que la planta pueda desarrollar adecuadamente su piña.

Tabla 6. Nutrientes Agave Espadin

Símbolo	Nombre	Descripción
N	Nitrógeno	Indispensable para el crecimiento y desarrollo de la planta, es un componente importante de las proteínas y los ácidos nucleicos.
P	Fósforo	Necesario para la formación de raíces y para la fotosíntesis.
Fe	Hierro	Indispensable la formación de clorofila y para la fotosíntesis.
K	Potasio	Esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta, regula la apertura y cierre de los estomas y mantiene el equilibrio hídrico de la planta.
Cu	Cobre	Resulta relevante para la síntesis de proteínas y para el fortalecimiento de las paredes celulares del agave, lo que contribuye a una mayor resistencia a enfermedades y plaga.
SO₄	Sulfatos	Necesario para la fotosíntesis y para la producción de clorofila.
Zn	Zinc	Resulta imprescindible para la síntesis de proteínas y el crecimiento de la planta.

Es importante tener en cuenta que cada planta puede tener necesidades específicas dependiendo de la región en la que se cultive, por lo que es recomendable realizar un análisis del suelo y ajustar las prácticas de manejo de acuerdo a los resultados obtenidos. Además, un manejo adecuado y cuidadoso del cultivo, incluyendo el control de plagas y enfermedades, también es importante para asegurar un crecimiento y desarrollo saludables del *agave angustifolia*.

AGAVE CUPREATA

El *agave cupreata* es una especie de agave que se ubica principal se encuentra en los estados mexicanos de Guerrero, Michoacán y Oaxaca. También se le conoce con el nombre común de "maguey papalote" o "maguey del cerro". Esta especie de agave es importante en la producción de mezcal, esto es especialmente importante si se considera que la planta se utiliza como materia prima para la elaboración de esta bebida alcohólica.

Se caracteriza por tener hojas rígidas y puntiagudas, de color verde grisáceo, y por formar piñas relativamente pequeñas y redondas. Requiere un clima fresco y húmedo, y su hábitat natural se encuentra en altitudes que oscilan entre los 1200 y 2000 metros sobre el nivel del mar. Al igual que otras especies de agave, el *agave cupreata* también necesita un suelo bien drenado y una cantidad equilibrada de nutrientes para su correcto desarrollo.

El *agave cupreata* es una especie importante en la producción de mezcal, ya que produce una bebida con un sabor distintivo y complejo, con notas de frutas tropicales, hierbas y especias. Además, se considera que el *agave cupreata* es una especie más sostenible y resistente que otras especies de agave utilizadas en la producción de mezcal, ya que requiere menos agua y es más resistente a las enfermedades y plagas.

El *agave cupreata* necesita una cantidad equilibrada de nutrientes para su correcto desarrollo. En la tabla 3, se presentan algunos de los nutrientes que son importantes para esta especie de agave:

Tabla 7. Nutrientes Agave Papalote

Símbolo	Nombre	Descripción
N	Nitrógeno	El crecimiento requiere la presencia fundamental del nitrógeno para la formación de hojas y tallos en el agave cupreata.
P	Fósforo	El desarrollo de las raíces se ve favorecido por la presencia del fósforo, así como también para la producción de flores y frutos.
K	Potasio	El potasio es necesario para el desarrollo de raíces y tallos fuertes, y para la formación de piñas de alta calidad.
Ca	Calcio	La formación de las paredes fuertes celulares requiere de manera imprescindible la presencia del calcio en el agave cupreata.
Mg	Magnesio	El magnesio es importante para la producción de clorofila y para la síntesis de proteínas.
Fe	Hierro	El hierro es un micronutriente esencial para la formación de clorofila y para el metabolismo del agave cupreata.
Zn	Zinc	El zinc es necesario para la formación de enzimas y para el metabolismo de los carbohidratos.

Clima: El *agave cupreata* se desarrolla mejor en climas frescos y húmedos, con una temperatura oscilando entre los 18 y 25 grados Celsius y un nivel de humedad relativa de alrededor del 60%.

En general, el *agave cupreata* es una especie más resistente que otras especies de agave utilizadas en la producción de mezcal. Requiere menos agua y es más resistente a las enfermedades y plagas. Sin embargo, el manejo del cultivo y las condiciones ambientales adecuadas son necesarias para obtener una cosecha de alta calidad.

Resultados y Discusión.

La calidad del agave y su rendimiento en la producción de mezcal dependen de muchos factores, y el contenido de nutrientes es solo uno de ellos. En su artículo "El crecimiento de *Agave Angustifolia Haw* con relación a la condición nutrimental", José Raymundo Enríquez del Valle concluye que existen nutrientes esenciales para el desarrollo adecuado del agave, tales como el nitrógeno, magnesio, hierro, potasio, manganeso y zinc. Estos nutrientes también son cruciales para el crecimiento saludable de otras variedades de agave, como el *tequiliana weber* y el *cupreata*. La figura 1 del artículo indica cuáles son las condiciones climáticas óptimas y el tiempo de maduración necesario para cada tipo de variedad, así como sugerencias para la aplicación de fertilizantes adecuados.

AGAVES EN MEXICO			
	TAMAULIPAS TEQUILIANA WEBER	OAXACA ANGUSTIFOLIA HAWK	OAXACA CUPREATA
NOMBRE POPULAR	AZUL 	ESPADÍN 	PAPALOTE 
CLIMA	15° - 25°	20° - 30°	18° - 24°
CRECIMIENTO	5 - 6 AÑOS 	6 - 8 AÑOS 	8 - 12 AÑOS
ALTURA	130 a 160 cm	150 a 200 cm	100 a 150 cm
NUTRIENTES NECESARIOS	K, Mg, Mn, Fe, Zn	N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo	Fe, N, K, Mn, Zn, Ca
¿EN DONDE ENCUENTRO LOS NUTRIENTES?	<p>N: El nitrógeno se puede proporcionar a través de fertilizantes orgánicos o inorgánicos. Mg: Fertilizantes que contengan sulfato de magnesio o nitrato de magnesio Fe: Fertilizantes que contengan quelatos de hierro. K: Fertilizantes que contengan sulfato de potasio o cloruro de potasio. Mn: Fertilizantes que contengan sulfato de magnesio o nitrato de magnesio. Zn: Fertilizantes que contengan sulfato de zinc o quelatos de zinc.</p>		

Figura 4. Comparativa y selección de nutrientes (elaboración propia)

Existen varias formas de proporcionar nutrientes al agave, incluyendo:

Fertilizantes: se pueden utilizar fertilizantes orgánicos o químicos para agregar nutrientes al suelo. Es importante asegurarse de utilizar la cantidad adecuada y de seguir las instrucciones del fabricante.

Composta: el compostaje es una forma natural de agregar nutrientes al suelo. Se puede preparar composta a partir de materia orgánica, como hojas, restos de cosechas y estiércol.

Manejo del suelo: el manejo adecuado del suelo puede ayudar a mejorar la disponibilidad de nutrientes para el agave. Para garantizar una producción sostenible y de alta calidad, es recomendable implementar prácticas agrícolas responsables, como la rotación de cultivos, el control de malezas y la labranza reducida.

Es importante recordar que el exceso de nutrientes también puede ser perjudicial para el agave, por lo que es recomendable realizar un análisis de suelo para

determinar las necesidades específicas de nutrientes del agave Weber azul en la región donde se cultiva.

Por último, el pH del suelo, debido a que es un indicador importante de la acidez o alcalinidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas se ve significativamente afectada por este factor. El pH del suelo afecta la forma en que los nutrientes se disuelven y se absorben por las raíces de las plantas. El rango de pH del suelo va desde 0 a 14, siendo 7 un pH neutral. Un suelo se considera ácido si su pH es inferior a 7, y alcalino si es superior. Para la mayoría de las plantas, el intervalo de pH óptimo se encuentra entre 6 y 7.5. Cuando el pH del suelo es demasiado bajo o demasiado alto, algunos nutrientes pueden no estar disponibles para las plantas

Conclusiones.

En conclusión, los nutrientes y las circunstancias atmosféricas óptimas son factores esenciales para el correcto desarrollo de las diferentes variedades de agave utilizadas en la producción de mezcal. Cada variedad tiene necesidades específicas de nutrientes y condiciones climáticas para alcanzar un rendimiento óptimo. Es importante proporcionar los nutrientes necesarios, mantener las condiciones climáticas adecuadas para cada variedad de agave y ejercer una influencia de gran importancia durante todo su proceso evolutivo. De igual manera, la elección y aplicación de los fertilizantes adecuados puede generar una influencia importante en la cantidad y excelencia de la producción de mezcal. En general, la implementación de prácticas de cultivo óptimas puede maximizar el rendimiento del agave y mejorar la calidad del mezcal producido.

Agradecimientos.

Se agradece al Instituto Tecnológico de Zacatepec por permitir el uso de sus instalaciones y al personal docente por su colaboración y apoyo durante el desarrollo del artículo. También se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca concedida.

Referencias

- SAGARPA. (2017). Agave tequilero y mezcalero Mexicano. *Planeación agrícola estratégica*, 1-2.
- Valle, J. R.-d. (2021). El crecimiento de Agave angustifolia Haw. con relación a la condición nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 12* , 865-873.
- González-González, L. R.; García-Pérez, M. I. B.; Gutiérrez, L. K. y García, A. 2007. Obtención de azúcares fermentables a partir de inulinasas inmovilizadas por el método del sol-gel. *Rev. Cienc. Technol.* 6(6):106-111.
- Martínez-Ramírez, S.; Trinidad-Santos, A.; Bautista-Sánchez, G. y Pedro-Santos, E.C. 2013. Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización. *Rev. Fitot. Mex.* 36(4):387-393.
- Rulfo, V. F. O. et al.(Eds). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila

Winter, K. and Smith, J. A. C. 1996. An introduction to crassulacean acid metabolism: biochemical principles and ecological diversity. In: Winter, K. and Smith, J. A. C. (Ed.) crassulacean acid metabolism. Springer, Heidelberg. Alemania. 1-13 pp.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DESARROLLO Y SELECCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA COMESTIBLE CON EXTRACTO DE ALACHE (ANODA CRISTATA), GLICERINA Y GRENETINA.

E.B. Rodríguez- Flores, M. Brito-Zúñiga, B.I. Castro-Almendra, C.D. Arrieta-González

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27,
Col centro, Zacatepec Morelos, México- L17090486@zacatepec.tecnm.mx,
L18090866@zacatepec.tecnm.mx, brendaalmendra.94@gmail.com
cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx.

Área de participación: CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (IBQ)

Resumen: Una biopelícula comestible se define como una capa delgada de material comestible de origen biológico. Una biopelícula comestible con prebióticos los cuales no son digeribles por el organismo humano, sino que estimulan el crecimiento de un grupo selectivo de bacterias beneficiosas del microbiota intestinal produce beneficios para la salud. Por lo que el objetivo de este trabajo fue elaborar biopelículas comestibles con extracto de mucílago de alache el cual contiene prebióticos, glicerol, grenetina, ácido cítrico, betabel, saborizante y alcohol mediante la técnica de aspersión. Se realizaron 6 muestras diferentes para poder obtener la biopelícula con las características organolépticas de interés. La muestra seleccionada se elaboró con alcohol y sin alcohol usando 4 saborizantes, fresa, frambuesa, grosella y algodón de azúcar. El saborizante de fresa no obtuvo buenos resultados debido a que la biopelícula no se logró gelificar por lo que no se continuo con su realización. Las biopelículas con los otros saborizantes mostro las características organolépticas deseadas.

Introducción:

Los problemas gastrointestinales han aumentado los últimos años, debido a la mala alimentación que los humanos consumen. No aportar una alimentación saludable constituye un serio problema para la microbiota intestinal, por ello surge la idea de crear biopelículas comestibles que contengan prebióticos los cuales aportan beneficios para la salud, estimulan el crecimiento de bacterias fermentativas (bifidobacterias y lactobacilos) , reducen el riesgo de padecer ciertas enfermedades intestinales tales como el síndrome de intestino irritable (Irritable bowel syndrome IBS) y de enfermedades inflamatorias intestinales (Inflammatory bowel disease IBD) como la colitis ulcerosa, la enfermedad de Crohn y la pouchitis, también favorecen la absorción de minerales tales como el calcio, magnesio, zinc y el hierro debido a la capacidad de unirse a ellos impidiendo, de este modo, su absorción en el intestino delgado alcanzando el colon donde son liberados y posteriormente absorbidos. (Corzo, et al., 2015).

El alache es una malvácea distribuida en todo México, es una hierba anual o bianual, tiene hojas astadas, flores hermafroditas de pétalos lila a morados y raras veces son blancos, se consume como alimento y medicina; en particular para el tratamiento de diabetes, inflamación, fiebre, tos y heridas, Este quelite contiene mucílago, flavonoides, cumarinas y algunos compuestos aromáticos (Bernal, et al., 2021). El mucílago es un biopolímero de origen vegetal conformado por polisacáridos celulósicos. Es producido por las células secretoras especializadas que se encuentran en las hojas, tallos, raíces y semillas de las plantas. (Villa, et al., 2020). El mucílago cuenta con una composición rica en azúcares, pectinas y

características prebióticas; siendo estas, propiedades de gran importancia en el desarrollo de alimentos funcionales que convierten al mucílago en un posible aditivo con potencial prebiótico. (Ciro, et al., 2019)

Considerando lo antes mencionado, el objetivo del presente trabajo es realizar la formulación de biopelículas comestibles a base de extracto de mucílago de alache con capacidad prebiótica como un alimento funcional, se realizaron diferentes formulaciones hasta llegar a la indicada, la que nos dio las características organolépticas deseables.

Sección experimental.

Material

El material vegetal se recolectó de los mercados de Cuautla, Morelos. Una vez obtenido se lavó y desinfectó para eliminar impurezas y/o material extraño que contuviera para evitar la presencia de microorganismos y/o contaminación. El extracto de betabel fue de la marca Healthy Superfoods®. La glicerina utilizada fue de la marca Ma Baker and Chef®. La grenetina utilizada fue de la marca Duche®. Se utilizaron cuatro diferentes saborizantes, frambuesa, grosella, algodón de azúcar de la marca Deiman®. Por último, como conservador se utilizó ácido cítrico.

Obtención del extracto

Se usó agua destilada como disolvente y se utilizó la relación 1:3 (p/v) entre el material biológico y el disolvente. Se realizó una extracción por lotes en movimiento con el disolvente y el material a temperatura de 70 °C durante 30 minutos. Después se filtró con una malla no. 40 para recuperar el extracto del material vegetal.

Matriz de trabajo utilizada en la formulación de biopelículas comestibles

Se trabajó con diferentes formulaciones variando la cantidad de ingredientes como se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación de biopelículas comestibles (Elaboración propia)

Componentes	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
			Porcentajes (%)			
Mucílago	78.99	87.9	92.9	82.9	44.9	43.9
Betabel	1.5	1	1	1.5	1	1
Ácido cítrico	01	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5
Grenetina	9.5	5.5	-	5	3	5.5
Glicerina	9	5	5.5	9.5	5.5	5
Saborizante	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Alcohol	-	-	-	-	45	44

Elaboración de biopelículas

En cada una de las muestras se añadió el mucílago, se agregó betabel, grenetina (excepto en la muestra 3) y ácido cítrico, posteriormente se colocaron al agitador oscilador durante 25min, transcurrido el tiempo se colocaron en el baño ultrasónico

durante 30min a 50°C. Se añadió el saborizante en cada una de las muestras junto con la glicerina y alcohol (únicamente en la muestra 5 y 6), nuevamente se colocaron en el agitador oscilador durante 15min y se colocaron en el baño ultrasónico durante 30 min. Finalmente, para la formación de la biopelícula se utilizó la técnica de aspersión con ayuda de un aerógrafo.

Resultados y Discusión.

La formulación elegida para la realización de la biopelícula corresponde a la muestra 6, ya que por su viscosidad fue la más apropiada para la realización de esta, sin embargo, las otras formulaciones eran más o menos viscosas por ende no eran apropiadas para la elaboración de las biopelículas.

Se realizó la formulación de la muestra 6 con alcohol y sin alcohol con los 4 diferentes saborizantes, fresa, grosella, frambuesa y algodón de azúcar.

En la Figura 1 y 2 se muestran las Biopelículas de fresa con y sin alcohol.

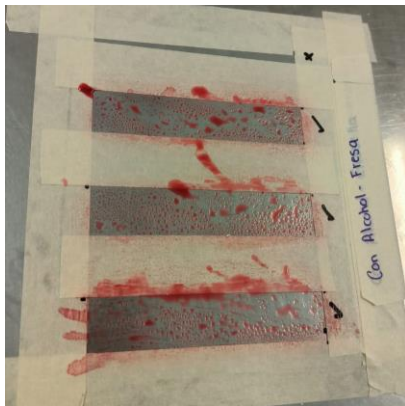


Figura 1. Biopelículas de fresa con alcohol

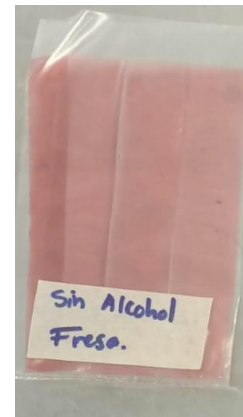


Figura 2. Biopelículas de fresa con alcohol

En la Figura 3 y 4 se muestran biopelículas de frambuesa con y sin alcohol.

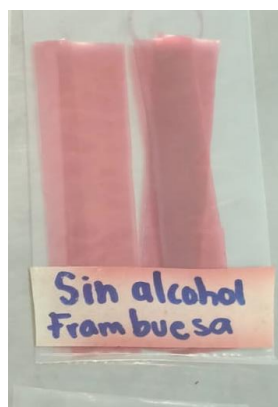


Figura 3. Biopelículas de frambuesa sin alcohol

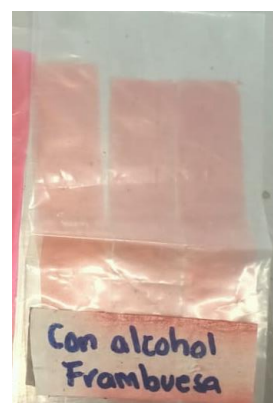


Figura 4. Biopelículas de frambuesa con alcohol

En la figura 5 y 6 se muestran biopelículas de grosella con y sin alcohol

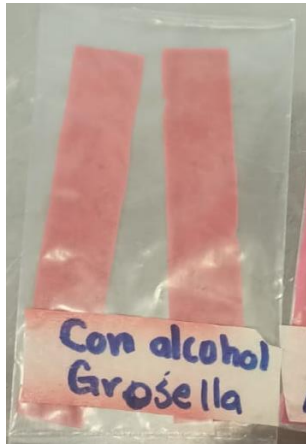


Figura 5. Biopelículas de grosella con alcohol

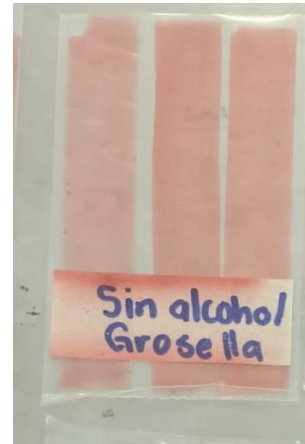


Figura 6. Biopelículas de grosella sin alcohol

En la figura 7 y 8 se muestran biopelículas de algodón de azúcar con y sin alcohol

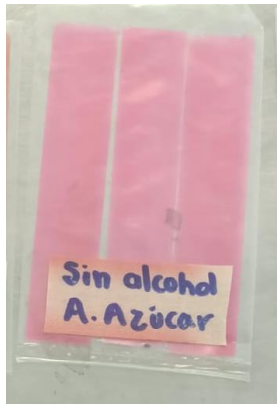


Figura 7. Biopelículas de algodón de azúcar sin alcohol



Figura 8. Biopelículas de algodón de azúcar con alcohol

Discusión

Se obtuvieron las biopelículas con los diferentes saborizantes, todas con buena textura, color, olor y sabor excepto las biopelículas de fresa con alcohol ya que no se lograron gelificar, por ende, está ya no se realizó.

Conclusiones:

De las diversas formulaciones para obtener las biopelículas comestibles que se realizaron en este trabajo, la que obtuvo mejor textura fue la muestra 6 ya que fue la que presentó las características organolépticas deseadas en donde se obtuvieron biopelículas con saborizantes de frambuesa, grosella y algodón de azúcar, ya que fueron las mejores tanto en textura con color, olor y sabor, sin embargo, no se

continuó con la realización de las biopelículas de fresa ya que no logro gelificarse y obtenerse por lo que se descartó tal saborizante.

Agradecimientos.

Se extiende un agradecimiento al TecNM/ Instituto Tecnológico de Zacatepec, por permitir el uso de sus instalaciones para la elaboración de este proyecto.

Referencias.

- Aparicio, L, Plou, F.J, Ruas-Madiedo, P, Rúperez, P, Redondo-Cuenca, A, Sanz, M. L y Clemente. (2015). A. Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos Nutrición Hospitalaria, vol. 31, núm. 1, pp. 99-118 Grupo Aula Médica Madrid, España.
- Bernal Ramírez, L , Bravo Avilez, D, Fornoni, J, Valverde, P L, & Rendón Aguilar, B. (2021). Efecto de la selección humana sobre rasgos seleccionados y correlacionados en *Anoda cristata* (L.) Schltld. (Malvaceae). Botanical Sciences.
- Ciro Castro, E., & Virgúez Garzón, N. V. (2019). Evaluación del mucílago del café (*Coffea arabica* L. Caturra) como potencial prebiótico en una bebida de arroz. Retrieved from.
- Corzo, N, Alonso, J. L, Azpiroz, F, Calvo, M. A, Cirici, M, Leis, R, Lombó, F, Mateos-
- Vignesh & Nair.(2018). Extraction and Characterization of mucilage from the leaves of *Hibiscus Rosa-Sinen sis* Linn. (*Malvaceae*). International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. Pp. 2883 – 2890.
- Villa, D., Osorio, M. & Villacis, N. (2020). *Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos*. Dominio de las Ciencias. pp. 503 – 524.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA RADIACIÓN INCIDENTE EN UN CONCENTRADOR ANIDÓLICO TIPO HORNO SOLAR

H. González-Camarillo¹, Y.R. Galindo-Luna², Pérez-Enciso R.A.³ y C. A. Pérez-Rábago^{1,3}

¹Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Privada Xochicalco S/N AP 34, C.P. 62580, Temixco, Morelos, México. hgoca@ier.unam.mx, capr@ier.unam.mx. ²Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, C.P. 09340, Ciudad de México, México – yrql@xanum.uam.mx

³Universidad de Sonora, Blvd. Encinas y Rosales, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. ricardo.perez@unison.mx

Área de participación: TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

Resumen: En la energía solar fotovoltaica de concentración existen oportunidades de investigación que permiten desarrollar aplicaciones de los sistemas de concentración solar para llevar a cabo estudios de caracterización óptica de flujos radiativos concentrados incidentes en receptores. Esto se logra a través del uso de elementos ópticos de reflexión y/o refracción que concentran la radiación en un área pequeña, en donde se pueden colocar celdas fotovoltaicas de alta eficiencia las cuales permiten la conversión directa de la luz solar incidente en electricidad. Con el fin de atender esta demanda de investigación se desarrolló un concentrador anidólico tipo horno solar para caracterizar celdas fotovoltaicas de alta eficiencia a flujos radiativos altamente concentrados.

Para llevar a cabo la caracterización óptica del CoSA_n, se efectuó la modelación del sistema en el software de trazado de rayos Tonatiuh, la cual permite simular la óptica del concentrador y realizar una evaluación de los parámetros ópticos de los espejos del concentrador, así como obtener el error óptico global del sistema mediante el análisis de las distribuciones de los perfiles de flujo radiativo normalizado a partir de la simulación a diferentes errores ópticos; además de desarrollar una metodología de alineación de los espejos para obtener un flujo radiativo concentrado mediante un patrón de alineación que se ubica en el radio de curvatura (4m) del concentrador. El análisis comparativo muestra un error óptico global del 2.6 mrad entre el perfil de distribución real y el modelado.

Introducción.

La energía solar fotovoltaica transforma directamente de la energía solar en energía eléctrica. Este proceso se lleva a cabo mediante el aprovechamiento de las propiedades de los materiales semiconductores los cuales, al ser excitados por los fotones, producen un par hueco, que genera una corriente eléctrica. Con la finalidad de concentrar la radiación solar en un área más reducida se han desarrollado elementos de refracción o reflexión para aplicaciones de tecnología solar, lo anterior mejora la conversión directa de electricidad (Estrada Gasca, 2010). Debido a lo anterior, estos elementos ópticos tienen la capacidad de disminuir el área expuesta de la celda e incrementar la razón de concentración de los rayos del sol y su intensidad. En módulos de celdas de concentración fotovoltaicas, es necesaria la distribución de flujo radiativo uniforme. Una alternativa viable sería utilizar concentradores no formadores de imagen (óptica anidólica) capaces de mejorar las distribuciones de flujo uniforme u homogéneas mediante el uso de estos dispositivos (Arancibia Bulnes, 2013). En la literatura podemos encontrar algunos ejemplos de esta línea de investigación, Chon (Chong, 2017) evaluó un sistema de concentrador fotovoltaico de alta densidad, el cual usaba un plato parabólico como concentrador primario y una serie de concentradores parabólicos cruzados como concentrador secundario, estos sistemas se acoplaban a celdas fotovoltaicas multi unión. Las eficiencias térmicas del sistema alcanzadas fueron de 35 y 36.1%. Kemmoku (Kemmoku, 2003) evaluaron el rendimiento

térmico de un sistema de concentración fotovoltaico acoplado a una lente de Fresnel. En campo el resultado de la eficiencia térmica más alta fue de 17.2%, utilizando un sistema de seguimiento para lograr un incremento en la precisión del sistema. Chayet (Chayet, 2011) desarrollaron un sistema de concentración fotovoltaica utilizando un disco parabólico de 11 m². Este arreglo permitió obtener distribución uniforme de la radiación sobre las celdas de triple unión y generar una potencia máxima de 5.5 kW, lo que representa un 50% en la eficiencia térmica.

El presente trabajo realiza un análisis de trazado de rayos para determinar la metodología experimental que permita conseguir perfiles de flujo radiativos concentrados. El análisis describe los parámetros ópticos de un concentrador solar anidólico de tipo horno solar, el cual considera 18 espejos esféricos de primera superficie ubicados en el mismo plano del concentrador.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

- Trazado de rayos

El principio de modelación con trazado de rayos consiste en considerar que los rayos de luz se desplacen desde una fuente luminosa formando una trayectoria en forma de línea recta hasta interactuar con una superficie. Dependiendo de las propiedades físicas que ésta posea, pueden modificar su dirección por los efectos de la ley de reflexión o refracción de la luz en las diferentes etapas de concentración o absorción de la radiación solar. Tonatiuh es un software de código abierto de trazado de rayos, enfocado en la simulación de la óptica de las tecnologías de concentración solar (González-Camarillo, 2018). Este programa utiliza el algoritmo computacional de MonteCarlo para realizar la simulación sobre el comportamiento óptico de superficies cuando interactúan con una fuente de rayos solares simulada. Durante el proceso de simulación es imprescindible establecer tres parámetros importantes: la potencia energética de la forma solar que actúa en el proceso, el error óptico global para establecer las propiedades del sistema y la distribución solar efectiva en el receptor, esta es el resultado de la interacción de la superficie reflectora y la fuente.

Para poder llevar a cabo los experimentos de una forma adecuada con el concentrador anidólico, fue necesario realizar el planteamiento de una metodología de alineación de cada uno de los espejos del concentrador. La metodología utilizada representa una aproximación para obtener el spot de concentración en la zona focal, como lo muestra la Figura 1. Se consideraron los vértices de 18 espejos ubicados sobre el mismo plano del concentrador, separados por distintas distancias focales en grupos de 6 espejos cada uno, por lo que se obtuvieron 3 grupos A, B y C.

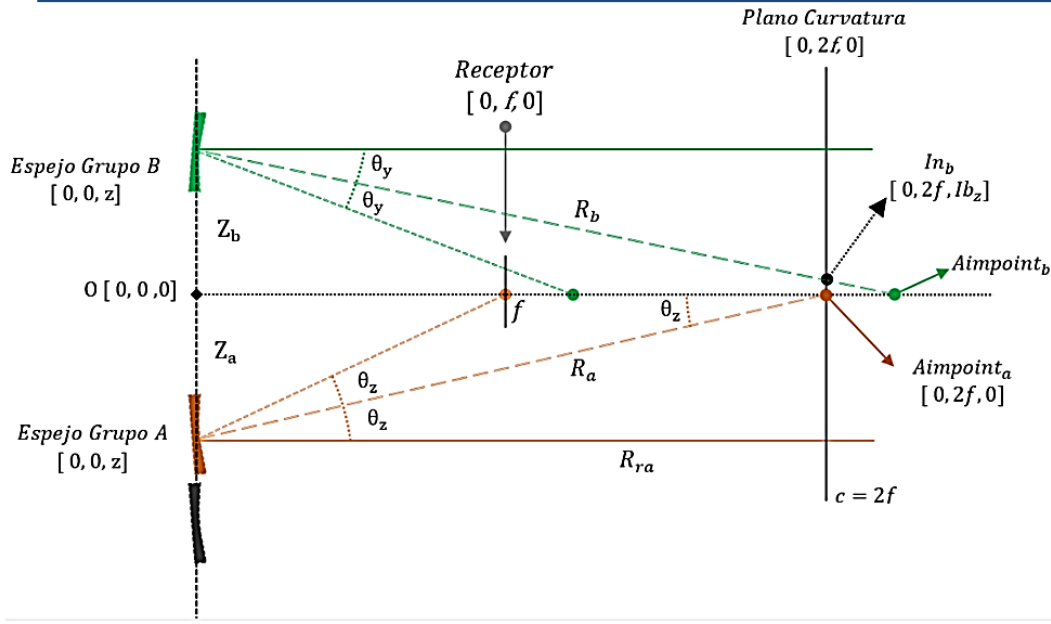


Figura 1. Esquema de método de alineación de los espejos del concentrador.

Las siguientes ecuaciones se utilizan para el cálculo del ángulo θ_z correspondientes al grupo A y θ_y para el grupo B y C, el cual es el ángulo formado por la normal que cruza el radio de curvatura. La ecuación de la recta es utilizada para obtener la coordenada lb_z del punto de la intersección, como lo indica la ecuación 2.

$$\theta_y = \theta_z = \frac{\arctan\left(\frac{-z_{a,b}}{f}\right)}{2} \quad (1)$$

$$lb_z = \tan\theta_z \cdot 2f + z \quad (2)$$

Dónde f es la distancia focal.

Resultados y Discusión.

Se determinaron las distancias de los 18 espejos, con las ecuaciones mencionadas en la sección anterior. Estos resultados son presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas de alineación de los espejos del concentrador anidólico en el radio de curvatura.

Espejo	lb_x (m)	lb_y (m)	lb_z (m)
1-B	-0.13372	4.0	0.0000
2-C	-0.13376	4.0	-0.07847
3-A	-0.06808	4.0	-0.11649
4-A	0.00000	4.0	-0.15326
5-A	0.06808	4.0	-0.11649
6-A	0.13376	4.0	-0.07847
7-A	0.13372	4.0	0.00000

8-A	0.13376	4.0	0.07847
9-B	0.06808	4.0	0.11649
10-C	0.00000	4.0	0.15326
11-B	-0.06808	4.0	0.11649
12-C	-0.13376	4.0	0.07847
13-B	-0.06821	4.0	-0.03954
14-C	0.00000	4.0	-0.07860
15-B	0.06821	4.0	-0.03954
16-C	0.06821	4.0	0.03954
17-B	0.0000	4.0	0.07860
18-C	-.06821	4.0	0.03954

La alineación de los espejos del concentrador, fueron determinados y describen los patrones mostrados en la Figura 2. Esta alineación nos permite obtener un flujo radiativo concentrado.

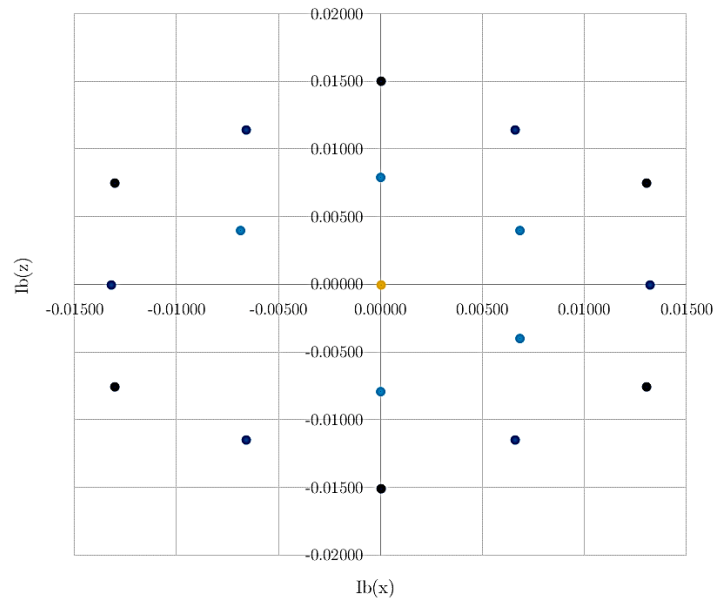


Figura 2. Patrón de alineación de los espejos del concentrador.

La evaluación experimental consistió en utilizar una fuente de luz led sobre la línea focal en la posición de radio de curvatura $C=4m$, como se muestra en la Figura 3. En esta se observa la iluminación del área total del concentrador, los espejos están ordenados por grupos en las respectivas coordenadas calculadas.



Figura 3. Imagen de los espejos del concentrador en el patrón de alineación.

El modelado se realizó en Tonatiuh, los espejos del concentrador fueron modelados utilizando la geometría de disco parabólico, con un radio de 0.15 m y una distancia focal de 2.024. A cada espejo se le asignó un nodo, que se ubicó en el plano referenciado al plano del concentrador, así como las propiedades de la superficie reflectiva y el error óptico en la configuración del nodo, como lo muestra la Figura 4.

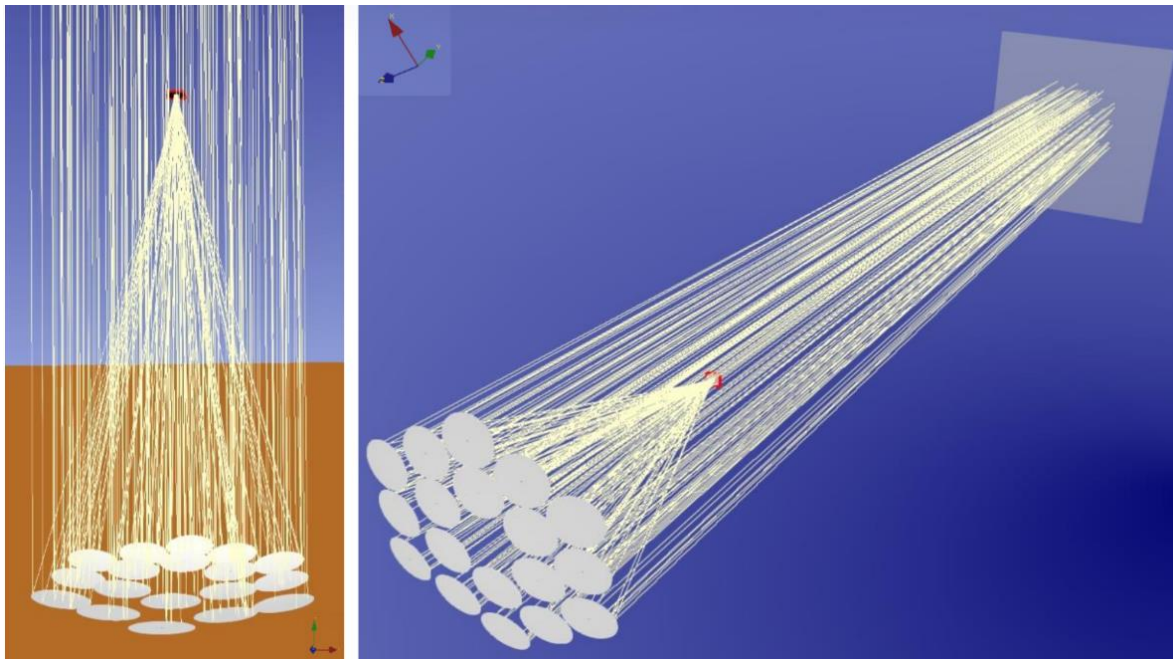


Figura 4. Vistas de simulación del concentrador anidólico en el software Tonatiuh.

La comparativa mediante el trazado de rayos permitió determinar que el perfil de distribución solar modelado, posee las menores diferencias absolutas con respecto al perfil real, este es el perfil con error de 2.6 mrad, lo que puede considerarse como el error global del sistema. En la figura 5 se puede observar la comparativa entre el perfil real y el perfil de distribución real modelado con una desviación estándar que representa un 1.6% en promedio.

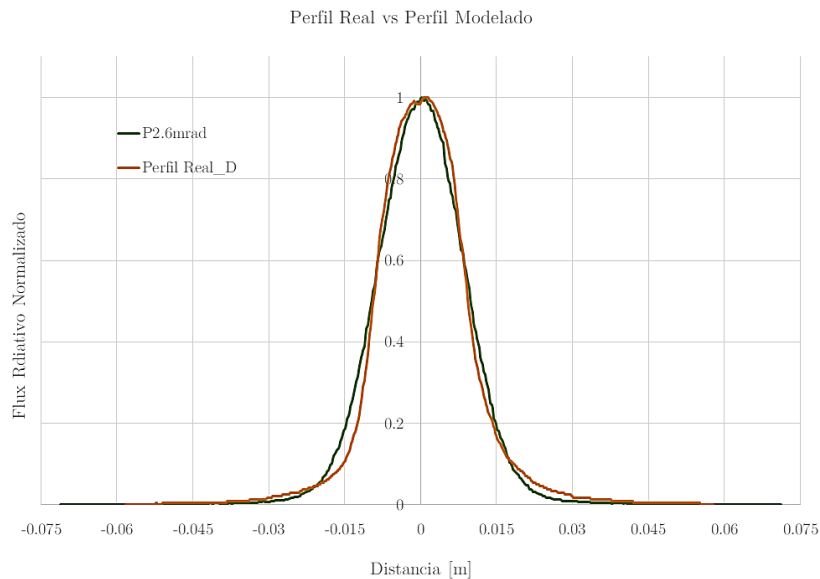


Figura 5. Comparativa del perfil de distribución real normalizado contra perfil normalizado de 2.6 mrad de error óptico global.

Conclusiones.

En la modelación del sistema, mediante el software de trazado de rayos Tonatiuh, se simuló la óptica del concentrador con el objetivo de obtener el error óptico global del sistema, así como conocer las distribuciones de flujo radiativo concentrado en diferentes posiciones del eje óptico y por lo tanto determinar la concentración teórica del sistema y los picos máximos de concentración que se puede obtener de diferentes planos de referencia a lo largo del eje óptico. Para la validación de la metodología de alineación se evaluó la distribución de flujo concentrado incidente en un receptor plano ubicado en la zona focal del sistema mediante la adquisición y procesamiento de imágenes.

Agradecimientos.

Los autores agradecen el apoyo a la Ingeniera Emma Luz De Los Cobos Garduño.

Referencias

- Arancibia-Bulnes, C., & Riveros-Rosas, D. (2013). Óptica de Sistemas de Concentración Solar. Notas de Curso. Temixco, Morelos.
- Chayet, H., Kost, O., Moran, R., & Lozovsky, I. (2011). Efficient, Low Cost Dish Concentrator for a CPV Based Cogeneration System.
- Chong, K.-K., Yew, T.-K., Wong, C.-W., Tan, M.-H., Tan, W.-C., Lim, B.-H., & Lai, A.-C. (2017). Prototype of dense-array concentrator photovoltaic system using non-imaging dish concentrators and cross compound parabolic concentrator. *Energy Procedia*, 131-136.
- Estrada Gasca, C. I. (2010). Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México. Distrito Federal, Distrito Federal, México.
- Gonzalez-Camarillo, H. (2018). Desarrollo de un Concentrador Anidótico tipo Horno Solar para la Caracterización de Celdas Fotovoltaicas con Concentración Solar [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Kemmoku, Y., Sakakibara, T., Hiramatsu, M., Miyazaki, Y., & Egami, T. (2003). Field test of a concentrator photovoltaic system with flat Fresnel lens. 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA TÉRMICA DE UN COLECTOR DE CONCENTRACIÓN SOLAR

Valeria H. Arias¹, Y.R Galindo-Luna².

¹Licenciatura en Ingeniería en Energía, Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Sección, Iztapalapa, 09340 Ciudad de México, CDMX. cbi2143045436@izt.uam.mx. ²Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Sección, Iztapalapa, 09340 Ciudad de México, CDMX. ygalindol@izt.uam.mx.

Área de participación: *TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)*

Resumen: La energía solar es la energía más abundante en el planeta y lograr el aprovechamiento de esta energía es el reto al que se enfrenta la comunidad científica. Los colectores solares son los dispositivos diseñados para convertir la energía solar en energía eléctrica o energía térmica. La tecnología de concentración solar está dominando los proyectos de instalación a nivel mundial. Los concentradores cilindro parabólicos poseen una estructura parabólica sobre la cual descansa una lámina de aluminio pulida, la cual redirige los rayos del sol a una línea focal. En la línea focal se encuentra el tubo receptor y dentro de él un fluido de trabajo, el cual aumenta su entalpía cuando absorbe la energía del sol. El desempeño de los concentradores se calcula mediante la eficiencia térmica. En el presente trabajo propone una metodología para determinarla, con el objetivo de servir de guía en análisis por primera ley que contemplen un CCP que posea un tubo receptor sin cubierta de vidrio.

Introducción.

La Energía Solar Térmica (EST) desarrolla dispositivos para el aprovechamiento de la energía radiante del sol en energía térmica, esta puede ser utilizada para producción de agua caliente destinada al consumo doméstico, o para producción de energía mecánica para producir electricidad. La EST aprovecha la componente directa y difusa de la radiación solar, la conversión de energía radiante en calor se da por medio de los tres mecanismos, radiación, conducción y convección. Para lograr el máximo aprovechamiento de un equipo de energía solar térmica, debe evitar la presencia de posibles sombras sobre el equipo, que afecten negativamente su eficiencia térmica. Los concentradores cilindro-parabólicos (CCP) son dispositivos con una estructura en forma parabólica recubierta con un material reflectante que concentra los rayos solares sobre un tubo receptor colocado en la línea focal de la parábola. La radiación que se concentra en el tubo provoca que el fluido que circula por el interior del tubo se caliente, transformando la radiación solar en energía térmica en forma del calor sensible del fluido (Maza,2008). El concentrador está conformado por diversas partes, entre ellas se encuentran la base, la estructura, la superficie reflejante y el tubo receptor o absorbente.

Una de las partes importantes en los concentradores es el tubo absorbente o receptor, ya que de él depende en gran medida el rendimiento global del colector. El tubo absorbente de un CCP consta de dos tubos concéntricos. Un tubo interior metálico, por el que circula el fluido de trabajo, y el exterior de cristal en cual disminuye las pérdidas convectivas al ambiente (Moreno, 2015).

El objetivo principal de este trabajo es analizar el modelo matemático para el cálculo de la eficiencia térmica en el tubo absorbedor de un colector cilindro parabólico.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

- **Descripción del sistema**

Se trabajo con un Colector Cilindro Parabólico como el que se muestra en la Figura 1, el cual utiliza agua como fluido de trabajo y las características físicas del CCP son las que se muestran en la Tabla 1. Este dispositivo se encuentra ubicado en uno de los edificios de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.



Figura 1. Concentrador cilindro parabólico

Tabla 1. Características físicas del CCP

Característica	Medida
Largo	2.44 m
Ancho	1.22m
Diámetro Exterior	0.0254m
Diámetro interior	0.0219m

Modelo matemático

Consideraciones para el modelo matemático:

- Los rendimientos se evalúan en estado estacionario.
- La transferencia de calor es unidimensional.
- Las propiedades termofísicas y ópticas de los materiales son independientes de la temperatura.
- Se desprecian pérdidas de calor a través de los soportes.
- El cielo se puede considerar un cuerpo negro a una temperatura de cuerpo equivalente para la radiación de longitud de onda larga.
- Los efectos de polvo y la suciedad son insignificantes.

La Figura 2, muestra un corte transversal el tubo absorbedor del CCP, así como los componentes de la energía que entra y sale de este, estos elementos serán considerados para el modelo matemático para determinar le eficiencia térmica.

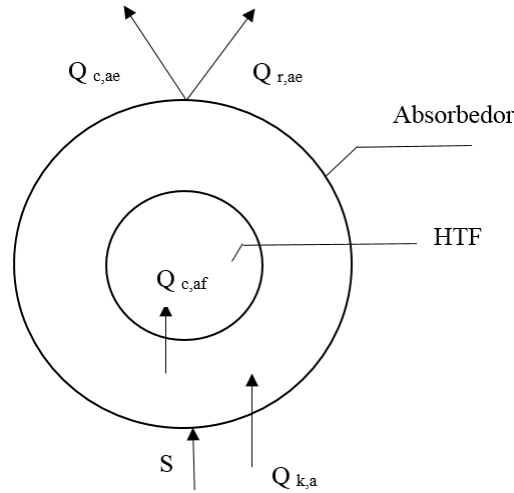


Figura 2. Geometría de análisis

Tabla 2. Descripción de parámetros.

Flujo de Calor	Descripción
\$S\$	Radiación recolectada por el absorbedor.
\$Q_{k,a}\$	Conducción a través del absorbedor.
\$Q_{c,af}\$	Convección del absorbedor al fluido.
\$Q_u\$	Ganancia de calor útil del fluido.
\$Q_{c,ae}\$	Pérdida por convección del absorbedor al exterior.
\$Q_{r,ae}\$	Pérdida por radiación del absorbedor a la cubierta.

De acuerdo con la geometría, el balance general es como sigue:

$$S = Q_{k,a} + Q_{c,ac} + Q_{r,ac} \tag{1}$$

$$Q_{k,a} = Q_{c,af} = Q_u \tag{2}$$

$$Q_{c,ac} + Q_{r,ac} = Q_{k,c} \tag{3}$$

La radiación del haz solar reflejada por el concentrador al receptor es:

$$G_{bt} = G_{bn} \cos\theta = G_b \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \tag{4}$$

$$S = (\tau\alpha)S_c = (\tau\alpha) \rho\gamma G_{bt}A_{ae} \tag{5}$$

$$(\tau\alpha) \cong 1.01 \tau\alpha \tag{6}$$

$$\gamma = \frac{1 + \cos \Phi_r}{2 \operatorname{sen} \Phi_r} \quad (7)$$

Donde G_{bt} es la radiación del haz medida en el plano de apertura la cual se toma como un dato experimental de acuerdo con la zona donde se realice el estudio.

Conducción a través del absorbente

Viene dada por la ley de Fourier (Cengel, 2015):

$$Q_{k,a} = \frac{2\pi\lambda_a L(T_{ao} - T_{ai})}{\operatorname{Ln}\left(\frac{D_{ao}}{D_{ai}}\right)} \quad (8)$$

Convección interna

La transferencia de calor entre el absorbedor y el fluido de trabajo se produce por convección forzada y puede expresarse mediante la Ley de Newton.

$$Q_{c,af} = h_f \pi D_{ai} L(T_{ai} - T_{fm}) \quad (9)$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección del fluido se define como:

$$h_f = \frac{N_{uf} \lambda_f}{D_{ai}} \quad (10)$$

El flujo del HTF está dentro de la región de flujo turbulento cuando $R_{ef} > 4000$.

Si $R_{ef} > 2300$, se puede usar la correlación de Gnielinski (Cengel,2015):

$$N_{uf} = -2 \log \left(\frac{\frac{\xi}{D_{ai}}}{3.71} + \frac{2.51}{R_{ef} \sqrt{f}} \right) \quad (11)$$

La ecuación (10) es válida para $0.5 \leq P_{rf} \leq 2000$ y $2 \times 10^3 < R_{ef} < 5 \times 10^6$. El número de Reynolds se calcula a temperatura media del fluido. EL factor de fricción f se puede estimar a partir de la fórmula iterativa de Colebrook (Cengel, 2015):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{\xi}{D_{ai}}}{3.71} + \frac{2.51}{R_{ef} \sqrt{f}} \right) \quad (12)$$

Pérdida Radiativa en absorbedor

La transferencia de calor por radiación entre el absorbedor y el exterior se puede evaluar con la expresión:

$$Q_{r,ae} = \frac{\pi D_{ao} L \sigma (T_{ao}^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_a} + \frac{(1 - \varepsilon_c) \left(\frac{D_{ao}}{D_{ci}}\right)}{\varepsilon_c}} \quad (13)$$

Pérdida Convectiva Externa

La transferencia de calor por convección entre el absorbedor y el ambiente se puede expresar a través de:

$$Q_{c,ae} = h_{aire} \pi D_{co} L (T_{co} - T_{aire}) \quad (14)$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección del aire se define como sigue:

$$h_{aire} = \frac{Nu_{aire} \lambda_{aire}}{D_{co}} \quad (15)$$

Si no hay viento, la transferencia de calor entre la cubierta y el ambiente será por convección libre. En este caso, proponemos la correlación (Coccia, 2016):

$$Nu_{aire} = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra_{aire}^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{Pr_{aire}}\right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (16)$$

Eficiencia Térmica

La eficiencia térmica de un CCP se define como la relación entre la ganancia de calor útil del fluido de trabajo, Q_u , y la energía solar interceptada por el área de apertura del colector y la energía recolectada, expresada de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{Q_u}{S_a} = \frac{\dot{m} C_p (T_{fo} - T_{fi})}{G_{bt} A_a} \quad (17)$$

Resultados y Discusión

El modelo teórico para determinar la eficiencia térmica de un concentrador cilindro parabólico fue discutida en la sección anterior. La metodología propuesta pretende servir de guía para aquellos análisis por primera ley para los CCP que no utilicen una cubierta de vidrio.

Referencias

Cengel, Y. A. (2015). *Termodinámica* (Octava ed.). Mc Graw Hill.

Coccia, G., Di Nicola, G., Hidalgo A. (2016). Parabolic trough collector prototypes for low-temperature process heat. Springer International Publishing AG Switzerland.

Maza, M. Á. (2008). *Energía Solar Térmica*. México: Limusa.

Moreno, J. F. (Noviembre de 2015). Estudio comparativo de eficiencias térmicas en colectores solares cilindro parabólicos utilizando diferentes sustancias de trabajo. Hidalgo, Pachuca de Soto, México.

Nomenclatura

A	Área
D	Diámetro
F	Factor de fricción
G_{bt}	Haz medido en el plano de apertura
H	Coefficiente de transferencia de calor por convección
L	Longitud del absorbedor
Un	Número de Nusselt
Q	Transferencia de calor
S	Radiación del haz solar recogida en el absorbedor
T	Temperatura
<i>Letras Griegas</i>	
α	Absortancia
λ	Conductividad térmica
Σ	Constante de Stefan-Boltzman
E	Emisividad
Γ	Factor de Intersección
P	Reflectancia Especular
ξ	Rugosidad de la tubería
τ	Transmitancia
<i>Subíndices</i>	
A	Absorbedor
Ac	Espacio entre el absorbedor y la cubierta
Ai	Interior del absorbedor
Air	Ambiente
Ann	Aire a temperatura media
Ao	Exterior del absorbedor
C	Convección
Co	Cubierta Exterior
Cyl	Cilindro
Dp	Punto de rocío
Eff	Efectivo
F	Fluido de transferencia
M	Media
R	Radiación

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

BIODEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES MEDIANTE LODOS DE PTAR Y SU CUANTIFICACIÓN POR UPLC- MS/MS

E. Campero-Romero¹, D. Ibarra-Rodríguez¹, L. A. Arellano-García¹, J. Rodríguez-Campos¹

¹Unidad de Tecnología Ambiental Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), Av. Normalistas 800, Colinas de La Normal, 44270 Guadalajara, Jalisco, México. escampero_al@ciatej.edu.mx, diibarra_al@ciatej.edu.mx, larellano@ciatej.mx, jarodriguez@ciatej.mx

Área de participación: BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

Resumen: Los compuestos acesulfame k, acetaminofén, cafeína y N, N-Dietil-meta-toluamida (DEET) fueron seleccionados para evaluar la degradación de contaminantes emergentes (CE) utilizando como inóculo lodos aerobios del proceso de lodos activados de una PTAR convencional. Estos compuestos fueron elegidos por su distinto uso antropogénico y la concentración y periodicidad con la que se encontraron a la entrada de una PTAR. La variable que se eligió como indicador de la degradación fue el oxígeno disuelto (OD) en los cultivos. La concentración inicial de OD correspondió a la saturación del agua con aire ($7.4 \pm 1.0 \text{ mg L}^{-1}$) y se midió a lo largo de 11 días. Los cuatro contaminantes, junto con un blanco y un control positivo fueron evaluados por separado a condiciones ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C}$ en oscuridad). De los cuatro contaminantes el cultivo con DEET fue el que consumió una mayor cantidad de OD, con una concentración final a los 11 días de 0.5 mg L^{-1} , seguido del acesulfame K con 1.8 mg L^{-1} , la cafeína con 2.4 mg L^{-1} y el acetaminofén con 2.9 mg L^{-1} . Estos resultados sugieren que el orden de degradabilidad de los contaminantes fue DEET > acesulfame k > cafeína > acetaminofén. Las concentraciones finales de los CE se analizaron mediante cromatografía de líquidos (UPLC-MS/MS). Obteniendo porcentajes de remoción de acetaminofén del 100 %, acesulfame k 99.9 %, cafeína de 97.0 % y DEET de 99.2 %.

Introducción

La presencia de micro contaminantes en aguas residuales, agua subterránea y agua potable es un asunto de gran preocupación internacional. Existe una gran variedad de micro contaminantes de la que podemos destacar a los contaminantes emergentes (CE). Los CE son compuestos que en su mayoría no están regulados y que a muy bajas concentraciones (ng L^{-1} , $\mu\text{g L}^{-1}$) representan un riesgo potencial para la salud humana y al medio ambiente (Mahmudul Hasan et al., 2021). Dentro de la clasificación que propone Gogoi y colaboradores (2018) se encuentran tres grandes categorías de contaminantes emergentes;

1. Productos farmacéuticos
2. Productos de cuidado personal
3. Compuestos disruptores endocrinos

Sin embargo, existen una variedad de compuestos que no entran en estas categorías como son los compuestos retardantes de llama, los biocidas (plaguicidas, desinfectantes, alguicidas), los surfactantes, los edulcorantes artificiales (no calóricos), las sustancias alquiladas perfluoradas (PFOS y PFOAS), por mencionar algunas. Esta variedad de compuestos ha sido encontrada en efluentes de hospitales, industrias, aguas residuales domésticas y en la producción acuícola (Rout et al., 2021).

Actualmente, los efluentes de las Plantas Tratadoras de Aguas Residuales (PTAR) son

reconocidas como la fuente principal de CE al ambiente ya que, reciben el agua residual con los contaminantes originados en actividades domésticas y productivas y son tratadas antes de ser descargadas a un cuerpo de agua natural (Ternes et al., 2004). Aunque las PTAR no están diseñadas para remover contaminantes emergentes, se han medido remociones cercanas al 100% de residuos de medicamentos, hormonas, cafeína y triclosán en diferentes configuraciones de PTAR tales como lodos activados, reactores de membranas, lagunas de estabilización, humedales construidos y procesos anaerobios (Gogoi et al., 2018b).

En el proceso de lodos activados los CE están sujetos a varios otros procesos de degradación como la biosorción, la dispersión, la fotodegradación y la volatilización, donde los CE son biodegradados hasta la mineralización completa (conversión a agua y CO₂) o parcialmente resultando en otros metabolitos como subproductos (Luo et al., 2014; Barbosa et al., 2016). La biodegradación de los CE depende de sus propiedades fisicoquímicas (por ejemplo, complejidad estructural, biodisponibilidad, grupos funcionales), las características del lodo de la PTAR (edad del lodo, actividad de la biomasa) y las condiciones de operación de la planta (tiempo de retención hidráulico) (Luo et al., 2014). Incluso, la capacidad de degradación de los contaminantes también puede estar influenciada por la coocurrencia de múltiples tipos de contaminantes dentro de un solo nicho (Beck et al., 2016; Tang et al., 2019). Por lo tanto, aunque las PTARS actúan como una barrera contra la propagación de CE la mejora de los procesos de tratamiento de las PTAR convencionales podría minimizar aún más la liberación de CE en los sistemas acuáticos y el medioambiente en general.

Varias técnicas de remediación han sido investigadas y están en desarrollo para poder mitigar la concentración de CE en el medio ambiente. Dentro de los procesos biológicos se encuentran las células de electrólisis microbiana, bio electro Fenton y la biorremediación (Gupta et al., 2022). Esta última, es un proceso que ocurre por atenuación natural (bio estimulación o bio aumentación), para eliminar xenobióticos y otros contaminantes (Phale et al., 2019).

En este trabajo se propone un ensayo de degradación de cuatro contaminantes emergentes de interés utilizando lodo de PTAR como inóculo en ensayos independientes para cada contaminante.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Materiales y métodos

Inóculo

El consorcio microbiano que sirvió de inóculo para los ensayos de biodegradación fue obtenido del proceso de lodos activados de una PTAR de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. El muestreo de los lodos se llevó de acuerdo con la normativa mexicana para lodos y biosólidos 004-SEMARNAT-2002 en el mes de noviembre 2022. Las muestras de lodo recolectadas se transportaron en hielo al

laboratorio y se almacenaron en refrigeración a 4 °C (FerroCor cold chamber) hasta ser analizadas.

Reactivos químicos

Todos los estándares químicos incluyendo el acetaminofén, cafeína, acesulfame k y el DEET fueron adquiridos de Sigma Aldrich (St. Louis, MO, EE. UU. ≥98 % de pureza) al igual que los demás reactivos utilizados en los ensayos de biodegradación a menos que se indique lo contrario. Los solventes como el acetonitrilo, metanol y el ácido fórmico para el análisis cromatográfico fueron grado HPLC. Se preparó ácido fórmico al 0.1 % (v/v) en agua ultrapura grado MiliQ (Millipore, USA).

Ensayos de degradación

Para los ensayos de biodegradación de CE se analizó el consumo de OD en agua cada 24 h por 11 días. Las lecturas de OD fueron tomadas usando una sonda digital de oxígeno disuelto luminiscente (LDO)/óptico Hach modelo LDO101 (Hach USA). Se utilizaron botellas de vidrio de 500 mL por triplicado para cada contaminante. Todas las botellas fueron llenadas con las soluciones que se mencionan a continuación; agua saturada de O₂, solución buffer de fosfatos (31 mM), solución de MgSO₄, solución de Ca (50 mM), solución de Fe (27 mM). Con excepción del blancosin contaminante y el control positivo con glucosa (150 mM) como sustituto de contaminante. La concentración inicial de inóculo fue de 0.014 mL L⁻¹ calculada en función de su DQO. La concentración inicial de los contaminantes emergentes fue la siguiente; acetaminofén 3.7 mg L⁻¹, acesulfame k 9.8 mg L⁻¹, cafeína 4.7 mg L⁻¹, DEET 3.1 mg L⁻¹. Todas las botellas se llenaron en su totalidad sin dejar espacio de aire entre el líquido y la tapa. Se llevaron a incubación a 25 °C en oscuridad y reposo. El promedio de concentración de OD por día se corrigió con el consumo de OD del blanco el cual, tuvo ausencia de fuente de carbono. Lo que contempla la respiración endógena de los microorganismos.

Cuantificación de contaminantes emergentes

Al resto del contenido de las botellas pasados los 11 días se les ajustó el pH a 2.0 con ácido sulfúrico concentrado y fueron procesadas mediante extracción en fase sólida (SPE) usando cartuchos (OASIS HLB, 20 cc, 1g, Waters). Para la elución de la muestra se utilizaron 12 mL de metanol y 6 mL de acetona y se secaron al vacío durante 10 minutos. Posteriormente el extracto se concentró bajo un flujo suave de nitrógeno grado cromatográfico. Se concentraron en viales de vidrio HPLC para su análisis mediante cromatografía líquida de ultra alto rendimiento acoplado a un espectrómetro de masas-masas (LC-MS/MS) siguiendo la metodología reportada (Qian et al., 2010) y modificada por el grupo de trabajo. El porcentaje de remoción de CE fue calculado con la fórmula ($C_i -$

$C_f/C_i \times 100$, donde C_i es la concentración inicial teórica y C_f es la concentración final medida experimentalmente.

Resultados y Discusión.

En la Figura 1 se presentan las gráficas de consumo de OD de los cuatro CE en los ensayos. Los valores diarios de OD se ajustaron a partir de la respiración endógena de los microorganismos, sumando el OD del blanco al OD del ensayo con contaminante. El consumo de oxígeno a lo largo de los días se considera como evidencia de biodegradación, ya que no existió otra fuente de carbono adicional a los CE en el medio. De manera similar otros autores como Ángeles-de Paz y colaboradores en 2023 reportaron degradación de xenobióticos (cuantificado por HPLC) usando microorganismos nativos de PTAR con comunidades microbianas multidominio. Se sabe que los consorcios microbianos son más eficientes para la degradación de xenobióticos debido a las interacciones entre los distintos organismos. Esta diversidad proporciona el desarrollo de una comunidad más robusta y la especialización en la degradación de ciertos compuestos (Feng et al., 2019).

De los cuatro compuestos seleccionados el DEET consumió la mayor cantidad de OD con una concentración final a los 11 días de 0.5 mg L^{-1} , seguido del acesulfame K con 1.8 mg L^{-1} , la cafeína con 2.4 mg L^{-1} y el acetaminofén con 2.9 mg L^{-1} , respectivamente. Lo cual, sugiere que el orden de biodegradabilidad es DEET > acesulfame K > cafeína > acetaminofén. Boonnorat y colaboradores en 2019 tuvieron eficiencias de biodegradación de 81 % para carbamazepina y diclofenaco y de 88 % para DEET en un experimento de tiempos de retención hidráulica (TRH) de 24 horas en un sistema de tratamiento con lodos activados aclimatados y con aireación, utilizando cromatografía de líquidos con espectrometría de masas (LC-MS). En las PTAR los micro contaminantes llegan de forma continua y rápidamente lo que puede resultar en una baja eficacia de degradación. A diferencia de los ensayos de degradación planteados de 11 días donde existe un TRH que puede contribuir a tener una degradación más completa. Se ha reportado que un TRH elevado (>12 h) puede contribuir a una mayor tasa de remoción de productos farmacéuticos (Jones et al., 2007; Vieno et al., 2007).

En cuanto a la velocidad de consumo de OD el experimento con el contaminante DEET presentó una disminución sustancial al tercer día siendo el compuesto que consumió mayor OD en menor tiempo con una concentración de OD llegando a 0.6 mg L^{-1} lo que representa el 90.7 % del OD inicial. Seguido del acetaminofén con una concentración de 1.4 mg L^{-1} , el acesulfame K con 4.9 mg L^{-1} y finalmente la cafeína con 5.3 mg L^{-1} .

Una mayor remoción de DEET en comparación con los otros CE utilizados en este trabajo también se pueden entender de acuerdo con el mecanismo de bioadsorción (Tabla 1), donde el compuesto con mayor coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}) es propenso a ser adsorbido en el lodo (Boonnorat et al.,

2019). En general, el rendimiento de absorción y la concentración de equilibrio se correlacionan positivamente con K_{ow} . El log K_{ow} de DEET es de 2.2, acetaminofén 0.46, cafeína -0.07 y acesulfame -1.33. Las sustancias con valores altos de log K_{ow} tienden a adsorberse más fácilmente en la materia orgánica debido a su baja afinidad por el agua. Aquellos con valores positivos muy altos tienden a bioconcentrarse en organismos vivos. Lo cual, llega a ser relevante si consideramos los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

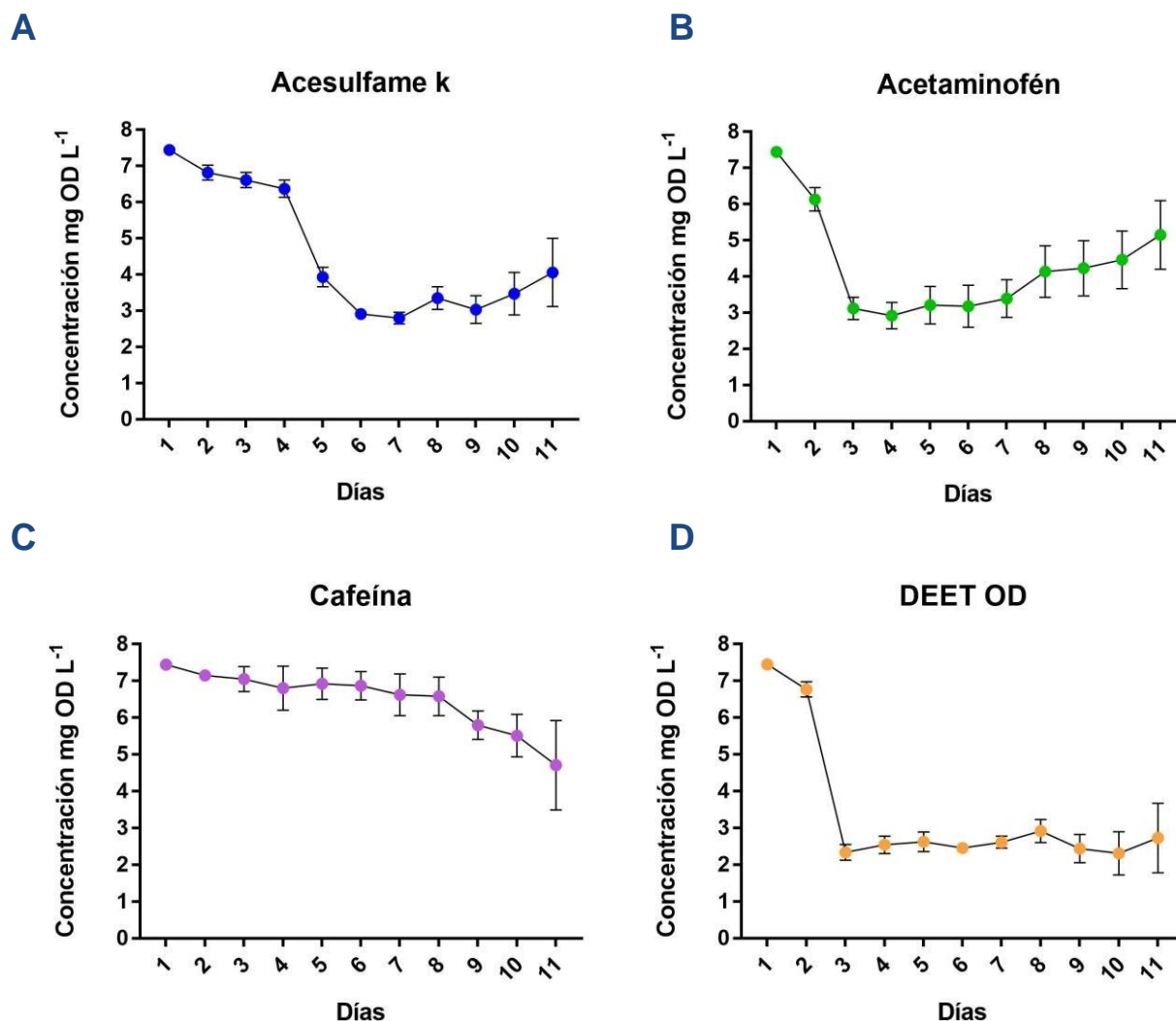
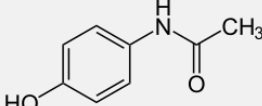
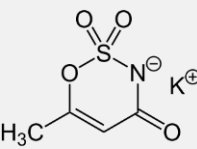
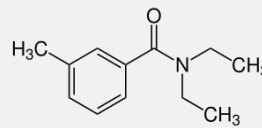
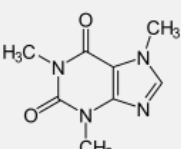


Figura 1. Consumo de oxígeno disuelto en agua de experimentos biológicos de degradación concuatro contaminantes emergentes (A) acesulfame k; (B) acetaminofén; (C) cafeína y (D) DEET.

Los cuatro compuestos de CE seleccionados (acetaminofén, acesulfame k, cafeína, DEET) para evaluar la biodegradación utilizando lodos de PTAR tuvieron altos porcentajes de remoción ~ 98 % (Tabla 1). Es probable que las remociones altas registradas se deban a que los microorganismos utilizados

provenientes de una PTAR estuvieran ya adaptados al consumo de CE. Se ha reportado que las condiciones del medio determinan las interacciones entre los microorganismos de las PTAR y los compuestos tóxicos (Tolker-Nielsen y Molin, 2000). Debido a la estructura compleja de una comunidad microbiana esta propicia el intercambio de metabolitos y puede influir en la degradación (Yanni et al., 2019; Rodríguez Amor y Dal Bello, 2019). En este ensayo de degradación los microorganismos en el inóculo fueron forzados a consumir el carbono del contaminante como fuente de energía, lo que dio como resultado buenos rendimientos en cuanto a su biodegradación.

Tabla 1. Contaminantes emergentes y su concentración final después del ensayo de biodegradación cuantificado por LC-MS/MS.

Compuesto	Categoría	Estructura	Peso molecular(g mol ⁻¹)	Log Kow	Porcentaje de remoción % *
Acetaminofén	Fármaco		151.16	0.46	100
Acesulfame k	Edulcorante		163.15	-1.33	99.9
DEET	Repelente contra insectos		191.27	2.02	99.2
Cafeína	Alcaloide		194.19	-0.07	97.9

Fuente: PubChem NCBI

* Resultados obtenidos en este trabajo

Conclusiones.

Este estudio presentó la degradación de cuatro CE acetaminofén, acesulfame k, cafeína, DEET utilizando lodo de PTAR como inóculo. Los microorganismos presentes tomaron a los contaminantes como única fuente de carbono, lo cual indica su potencial como degradadores. Teniendo resultados favorables en cuanto a biodegradación con valores > 98 % para todos los contaminantes analizados utilizando UPLC-MS/MS. Los valores de consumo de oxígeno disuelto en el agua también comprobaron que en escala laboratorio es posible mantener al consorcio proveniente de la PTAR con distintas concentraciones iniciales de contaminantes que van desde 3.1 mg L⁻¹ DEET hasta 9.8 mg L⁻¹ de

acesulfame k. La correlación del orden de remoción de los CE con los valores del coeficiente octanol-agua hacennecesaria la medición de CE inmovilizados en la biomasa para descartar la absorción como principal vía de remoción. Estos resultados también sugieren la necesidad de conocer a mayor profundidad las dinámicas de los consorcios microbianos para su mejor aprovechamiento en la degradación de contaminantes.

Agradecimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT Proyecto Ciencia de Frontera 2019/102967. Por los apoyos de E. Campero-Romero beca de doctorado CONACYT 925733. Dra. D. Ibarra-Rodríguez beca posdoctoral de CONACYT 509619.

Referencias

- Angeles-de Paz, G., Ledezma-Villanueva, A., Robledo-Mahón, T., Pozo, C., Calvo, C., Aranda, E., & Purswani, J. (2023). Assembled mixed co-cultures for emerging pollutant removal using native microorganisms from sewage sludge. *Chemosphere*, 313, 137472.
- Beck, A. E., Hunt, K. A., Bernstein, H. C., & Carlson, R. P. (2016). Interpreting and designing microbial communities for bioprocess applications, from components to interactions to emergent properties. In *Biotechnology for biofuel production and optimization* (pp. 407-432). Elsevier. Bioelectrochemical technologies for removal of xenobiotics from wastewater.
- Boonnorat, J., Kanyatrakul, A., Prakhongsak, A., Honda, R., Panichnumsin, P., & Boonapatcharoen, N. (2019). Effect of hydraulic retention time on micropollutant biodegradation in activated sludge system augmented with acclimatized sludge treating low-micropollutants wastewater. *Chemosphere*, 230, 606-615.
- Feng, N. X., Yu, J., Xiang, L., Yu, L. Y., Zhao, H. M., Mo, C. H., ... & Li, Q. X. (2019). Co-metabolic degradation of the antibiotic ciprofloxacin by the enriched bacterial consortium XGand its bacterial community composition. *Science of the Total Environment*, 665, 41-51.
- Gogoi, A., Mazumder, P., Tyagi, V. K., Chaminda, G. T., An, A. K., & Kumar, M. (2018). Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: a review. *Groundwater for Sustainable Development*, 6, 169-180.
- Gupta, S. K., Singh, B., Mungray, A. K., Bharti, R., Nema, A. K., Pant, K. K., & Mulla, S. I. (2022). Bioelectrochemical technologies for removal of xenobiotics from wastewater. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 49, 101652.
- Hasan, M., Alfredo, K., Murthy, S., & Riffat, R. (2021). Biodegradation of salicylic acid, acetaminophen and ibuprofen by bacteria collected from a full-scale drinking water biofilter. *Journal of Environmental Management*, 295, 113071.
- Jones, O.A.H., Voulvoulis, N., Lester, J.N., 2007. The occurrence and removal of selected pharmaceutical compounds in a sewage treatment works utilising activated sludge treatment. *Environmental Pollution* 145 (3), 738–744.
- Luo, Y., Guo, W., Ngo, H. H., Nghiem, L. D., Hai, F. I., Zhang, J., ... & Wang, X. C. (2014). A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of the total environment*, 473, 619-641.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental, lodos y biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial de la Federación.
- Phale, P. S., Sharma, A., & Gautam, K. (2019). Microbial degradation of xenobiotics like aromatic pollutants from the terrestrial environments. In *Pharmaceuticals and personal care products: waste management and treatment technology* pp. 259-278.
- Qian, Sui, Huang, J., Deng, S., Yu, G., & Fan, Q. (2010). Occurrence and removal of pharmaceuticals, caffeine and DEET in wastewater treatment plants of Beijing, China.

- Waterresearch*, 44(2), 417-426.
- Rodríguez Amor, D., & Dal Bello, M. (2019). Bottom-Up Approaches to Synthetic Cooperation in Microbial Communities. *Life*, 9(1), 22. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/life9010022>
- Rout, P. R., Zhang, T. C., Bhunia, P., & Surampalli, R. Y. (2021). Treatment technologies for emerging contaminants in wastewater treatment plants: A review. *Science of the Total Environment*, 753, 141990. *Sustain. Energy Technol. Assessments* 49, 101652. <https://doi.org/10.1016/j.>
- Tang, Y., Yin, M., Yang, W., Li, H., Zhong, Y., Mo, L., & Sun, X. (2019). Emerging pollutants in water environment: Occurrence, monitoring, fate, and risk assessment. *Water Environment Research*, 91(10), 984-991.
- Ternes, T. A., Joss, A., & Siegrist, H. (2004). Peer reviewed: scrutinizing pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment. *Environmental science & technology*, 38(20), 392A-399A.
- Tolker-Nielsen, T., & Molin, S. (2000). Spatial organization of microbial biofilm communities. *Microbial ecology*, 40, 75-84.
- Vieno, N., Tuhkanen, T., & Kronberg, L. (2007). Elimination of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Finland. *Water research*, 41(5), 1001-1012.
- Yanni, D., Márquez-Zacarías, P., Yunker, P. J., & Ratcliff, W. C. (2019). Drivers of spatial structure in social microbial communities. *Current biology*, 29(11), R545-R550.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

CARACTERIZACIÓN DE ÓXIDO DE MOLIBDENO Y CERMET MoO:Ag COMO ABSORBEDOR SOLAR

C. E. Juárez-Salinas¹, Y. R. Galindo-Luna², E. Barrera-Calva² y F. González-García²

¹Posgrado en Energía y Medio Ambiente, ²Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, 09310 Iztapalapa, Ciudad de México, México. - juarezsalce@gmail.com - yrgl@xanum.uam.mx, ebc@xanum.uam.mx, fgg@xanum.uam.mx

Área de participación: TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

Resumen: El aprovechamiento de la energía solar involucra el desarrollo de materiales capaces de aumentar la eficiencia de los colectores solares. Por tal motivo, se ha sintetizado y caracterizado un recubrimiento selectivo a base de un material compuesto metal-dieléctrico (cermet) manufacturado con la técnica de rocío pirolítico ultrasónico, bajo diferentes condiciones de depósito, que presenta características ópticas apropiadas para su uso en el aprovechamiento fototérmico de la energía solar. El recubrimiento se caracterizó estructuralmente a través de la técnica de difracción de rayos X. Respecto de su morfología, se han hecho estudios de perfilometría de superficies. Para su caracterización óptica, se evaluó la reflectancia espectral a través de espectroscopia UV-Vis-NIR-MIR. Los resultados indican que este material posee potencial para su aplicación como absorbedor solar.

Introducción

La ciencia e ingeniería de los nanomateriales, ha tenido un gran desarrollo en los últimos años; en particular, para aplicaciones de energía solar con el fin de incrementar la eficiencia de los sistemas térmicos. En este sentido cobra relevancia el desarrollo y fabricación de materiales que logren captar la radiación solar, como los denominados cermet. Un cermet es un compuesto formado por materiales cerámicos y metálicos, tiene como matriz un cerámico que puede ser un óxido, nitruro o carburo y una fase dispersa de un metal. Éstos, dependiendo de su fabricación, pueden poseer una buena estabilidad térmica, una dureza adecuada y una buena adhesión a superficies (Günter, et al, 2011). Con la tecnología actual y bajo diversos métodos, se han podido fabricar cermets controlando simultáneamente la morfología y distribución de los diversos componentes, obteniendo así, compuestos nanoestructurados cuyo propósito es controlar el modo en que la luz se distribuye, propaga y absorbe en el material (Fredriksson, et al. 2021). La reducción de tamaño de cristal a escala nanométrica también permite modificar propiedades tan importantes como la dureza, la tenacidad, la resistencia a la abrasión, la estabilidad térmica y las propiedades ópticas. Cuando la materia cobra forma a escala nanométrica, se revelan fenómenos sorprendentes que los materiales manifiestan. Una de las razones que subyace a este comportamiento tiene su origen en la relación entre la superficie y el volumen; este hecho da lugar, por ejemplo, a la aparición de plasmones de superficie (Cao, et al. 2014).

En este trabajo se presenta el análisis de las propiedades estructurales y ópticas de un recubrimiento a base de óxido de molibdeno con una fase dispersa de plata para

evaluar su aplicación potencial como absorbedor solar selectivo en aplicaciones de concentración solar.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

a) Proceso de fabricación

Se fabricaron absorbedores solares de óxidos de molibdeno y cermets a base de óxidos de molibdeno con nanopartículas de plata, bajo la siguiente metodología.

Óxidos de molibdeno:

- Para los óxidos de molibdeno los sustratos utilizados para la deposición fueron láminas de cobre con un área de 4 cm².
- Las películas fueron crecidas mediante reacción pirolítica.
- Se utilizó etanol y agua desionizada para lavar los sustratos y así eliminar residuos en la superficie de éstos.
- El precursor seleccionado fue (NH₅)₆Mo₇O₂₄·4H₂O (molibdato de amonio tetrahidratado) para la obtención de los óxidos de molibdeno y aire seco como gas de arrastre.
- Las concentraciones del precursor fueron en un rango de 0.02M hasta 0.06M, en los cuales el precursor se disolvió en agua desionizada.
- Los tiempos de depósito considerados fueron 5 min, 10 min, 15 min y 20 min con un flujo de 5 L/min 10 L/min y 15 L/min.
- Las temperaturas a las que se efectuó el depósito fueron de entre 250 °C y 450°C en intervalos de 50°C.

Cermets a base de nanopartículas de plata:

- Se utilizaron láminas de cobre de 4 cm².
- Se utilizó molibdato de amonio tetrahidratado (NH₅)₆Mo₇O₂₄·4H₂O como precursor para la obtención de los óxidos de molibdeno a 0.04M. Para dispersar la plata, se hizo una solución de nanopartículas de plata utilizando nitrato de plata AgNO₃ a diferentes concentraciones (0.012M, 0.014M y 0.016M), borohidruro de sodio NaBH₄ como agente reductor y citrato de sodio Na₃C₆H₅O₇ como estabilizante (Rycenga, et al, 2014); como gas de arrastre también se utilizó aire seco.
- Los precursores se disolvieron en agua desionizada a diferentes concentraciones para su depósito buscando las condiciones apropiadas de tiempo de depósito, flujo y temperatura (Ardekani, et al. 2015).
- Respecto de nitrato de plata y el citrato de sodio se buscó una relación 1:1 y solo se utilizaron trazas de borohidruro de sodio para la reducción de la plata.

Para ambos tipos de películas se utilizaron láminas de cobre que se colocaron sobre un lecho de estaño y el crecimiento se hizo bajo diferentes condiciones de tiempo,

temperatura y flujo de gas de arrastre. Los depósitos se realizaron dentro de una campana de extracción para evacuar los productos en fase gaseosa y así no interferir con la reacción de depósito.

b) Caracterización

La caracterización para los cermets consistió en mediciones de difracción de rayos X, reflectancia difusa y perfilometría. Para obtener los patrones de difracción se empleó un difractómetro D8 Advance de Bruker, operando en geometría de Bragg-Brentano, equipado con un tubo de ánodo de cobre y un detector Lynx eye a base de tiras de silicio. Para medir los espectros de reflectancia difusa en el UV-Vis-NIR (300 nm a 2500 nm) se utilizó una esfera integradora acoplada a un espectrofotómetro Varian Cary 5E UV-VIS-NIR. Para determinar la reflectancia difusa en la región MIR (2500 nm a 25000 nm), se empleó un espectrofotómetro FTIR de Thermo Scientific, modelo IS50 FT-IR y para determinar el grosor de las películas se utilizó un perfilómetro de Bruker modelo Dektak XT.

Resultados y Discusión.

- Difracción de rayos X.

Los patrones de difracción de rayos X para una película crecida a partir de una solución hecha sólo con el precursor de molibdeno y de otra, crecida empleando soluciones hechas de precursores tanto de molibdeno como de plata, se muestran en las Figuras 1 y 2, respectivamente. En el caso de la primera, el patrón de difracción de rayos X, muestra la formación de una fase hexagonal que se denomina h-MoO₃. Para la segunda, el patrón muestra diferentes fases de óxidos de molibdeno, en las que coexisten iones de molibdeno con diferente valencia del Mo.

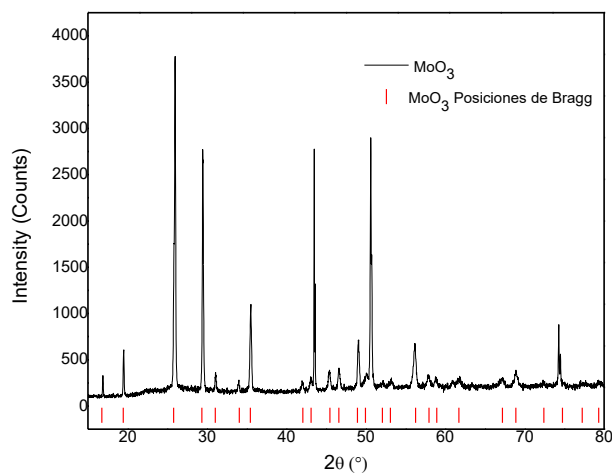


Figura 1. Patrón de difracción para una película crecida a partir de una solución de molibdato de amonio tetrahidratado (0.04M). Las pequeñas marcas verticales en la base de la figura corresponden a la posición de las reflexiones de Bragg para la fase h-MoO₃.

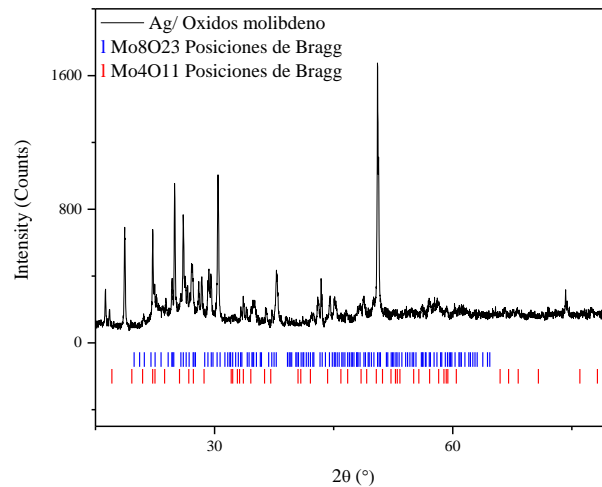


Figura 2. Patrón de difracción para una película crecida a partir de soluciones de molibdeno y de plata (0.016M). Las pequeñas marcas verticales en la base de la figura, corresponden a la posición de las reflexiones de Bragg de las fases Mo_8O_{23} y Mo_4O_{11} .

- Espectrofotometría.

A partir de los espectros de reflectancia difusa en el UV-Vis-NIR, y de aquellos registrados en la región MIR, se puede determinar la absorbancia y la emitancia como función de la longitud de onda y la absorbancia solar y emitancia térmica promedio, respectivamente.

Las figuras 3 y 4 presentan el comportamiento de la absorbancia y emitancia espectral para las películas crecidas por la técnica RPU a partir de soluciones con distintas molaridades de molibdeno.

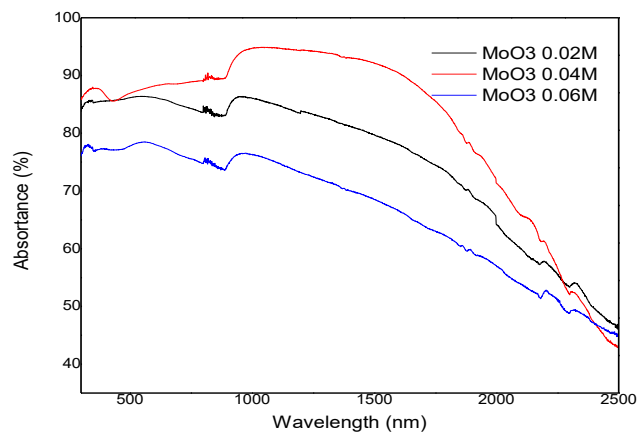


Figura 3. Absorbancia espectral de películas delgadas crecidas a partir de soluciones con diferente molaridad de Mo.

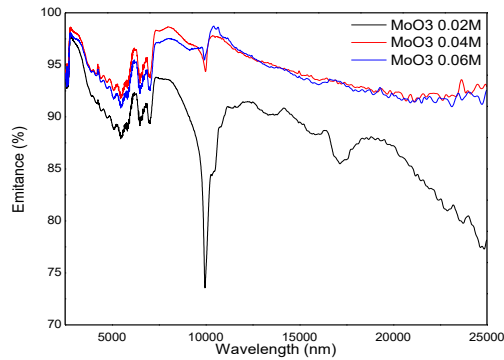


Figura 4. Emitancia espectral de películas delgadas crecidas a partir de soluciones con diferente molaridad de Mo.

Las Figuras 5 y 6 presentan el comportamiento de la absorptancia y la emitancia espectral de las películas crecidas a partir de la combinación de la solución de molibdeno al 0.04 M con soluciones de plata con diferentes molaridades.

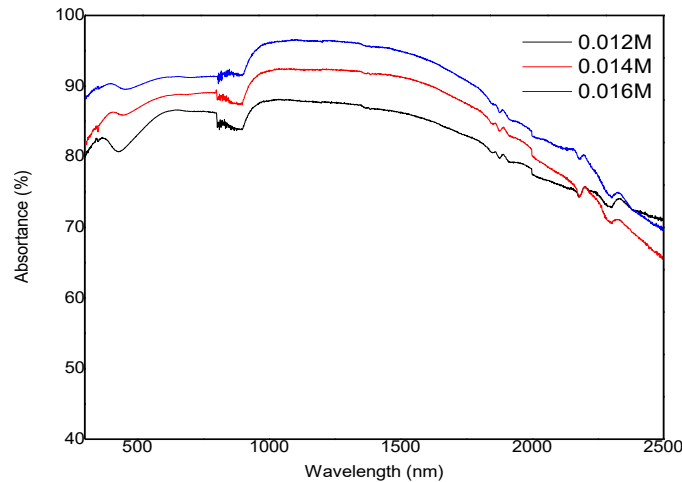


Figura 5. Absortancia espectral de películas delgadas crecidas a partir de la combinación de la solución de molibdeno al 0.04 M, con soluciones de plata con distintas concentraciones (0.012M, 0.014M y 0.016M).

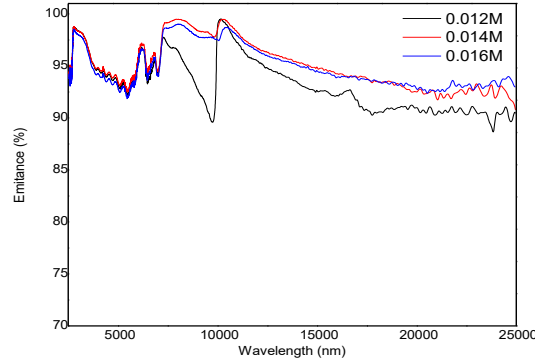


Figura 6. Emitancia espectral de películas delgadas crecidas a partir de la combinación de la solución de molibdeno al 0.04 M, con soluciones de plata con distintas concentraciones (0.012M, 0.014M y 0.016M).

Para determinar los valores de la absorptancia promedio y la emitancia promedio de las películas se empleó el siguiente enfoque: dado que en el equilibrio tanto la absorptancia como la emitancia son iguales, entonces es posible determinar, a partir del espectro de reflectancia, la absorptancia y la emitancia como se explica a continuación. Como para la región espectral comprendida entre los 300 nm y los 2500 nm (UV-Vis-NIR), el sol irradia la mayor parte de su energía, es conveniente expresar a la absorptancia como $\alpha = (1 - R(\lambda))$. Análogamente, para la región espectral comprendida entre los 2500 nm y los 25000 nm un cuerpo emitiría en forma radiativa la mayor parte de su energía, conviene expresar a la emitancia como $\varepsilon = (1 - R(\lambda))$

Así la absorptancia solar total de las muestras se obtiene mediante la integración del espectro de reflectancia en el rango solar (Duta, et al, 2014) de acuerdo con la Ecuación (1) entre los 300 nm y los 2500 nm. En la ecuación referida, λ es la longitud de onda, $R(\lambda)$ es la reflectancia e $I_s(\lambda)$ es la irradiancia solar normal, de este modo se obtiene el promedio de la absorptancia pesada por la irradiancia solar, es decir, el valor promedio de ésta, en relación con la energía del sol recibida sobre la superficie de la Tierra. Idealmente su valor debería ser de 1.

$$\alpha = \frac{\int I_s(\lambda)(1 - R(\lambda))d\lambda}{\int I_s(\lambda)d\lambda} \quad (1)$$

En forma similar a como se calcula la absorptancia, es posible determinar un valor para la emitancia promedio, pero en este caso, la emitancia se pesa con un espectro de referencia de emisión de radiación térmica, es decir, el de un cuerpo negro a la temperatura de interés. Así, la integración del producto de la reflectancia y la irradiancia de cuerpo negro dividido por la irradiancia total emitida por el cuerpo negro en el rango de los 2500 nm a los 25000 nm permite determinar el valor

promedio de la emitancia térmica a partir de la Ecuación 2 (Duta, et al, 2014) e idealmente su valor debería ser 0. En esta ecuación $E(\lambda, T)$ es el espectro de la radiación de un cuerpo negro a temperatura T .

$$\varepsilon_T = \frac{\int E(\lambda, T)(1 - R(\lambda))d\lambda}{\int E(\lambda, T)d\lambda} \quad (2)$$

En la tabla 1 se presentan los valores promedio de absorptancia y emitancia de algunos recubrimientos representativos base Mo y base Mo/Ag. En la tabla 1, también se consignan las condiciones de depósito que incluyen el tipo de precursor, el material de los sustratos, el tiempo de depósito, la temperatura y el flujo volumétrico.

Tabla 1. Condiciones de depósito por rocío pirolítico ultrasónico.

Material	Precursor/ Concentración	Sustrato	Tiempo de depósito (min)	T (°C)	Flujo (L/min)	α (%)	ε (%)
Óxidos de molibdeno	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	Cobre	15	350	10	70-90	90-95
Plata/Óxidos de molibdeno	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ AgNO_3	Cobre	10	450	10	80-90	80-95

• Perfilometría de superficies.

A través de la perfilometría se pudo determinar el grosor de las películas, cuyos valores van de los $3\mu\text{m}$ a los $6\mu\text{m}$. Esta información es valiosa pues el espesor de un recubrimiento selectivo hecho a partir de películas como las sintetizadas en este trabajo, se relaciona directamente con la emitancia térmica; a mayor grosor, mayor será el valor de la emitancia promedio. En la Figura 7 se presenta una imagen tridimensional de una pequeña área de una película preparada a partir de una solución de molibdeno.

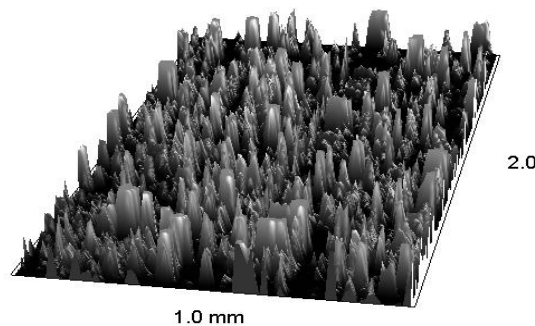


Figura 7. Rugosidad superficial de película de MoO_3

En la figura 8 se muestra una imagen tridimensional de una pequeña área de una película obtenida a partir de la combinación de una solución de Mo con una solución de Ag.

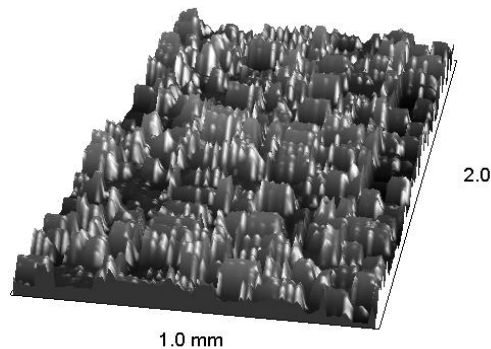


Figura 8. Rugosidad superficial del cermet formado por partículas de plata con óxidos de molibdeno.

Conclusiones.

A partir de los resultados de este trabajo de investigación se concluye que:

- La técnica de pirólisis por aspersión ultrasónica es adecuada para depositar películas delgadas absorbentes solares de óxidos de molibdeno dopado con partículas de Ag sobre sustrato de cobre.
- Las concentraciones molares de los óxidos de molibdeno y partículas de Ag para obtener películas delgadas con la mejor absorptancia son 0.04M y 0.016M respectivamente. Considerando las características ópticas se ha encontrado que tienen alta absorptancia solar cercana al 90%, sin embargo, también tienen una alta emitancia por lo que se debe buscar fabricar películas de un espesor menor ya que de acuerdo con los estudios de perfilometría, se obtienen películas que tiene un grosor de entre $3\mu\text{m}$ a los $6\mu\text{m}$.
- El análisis de difracción de rayos X indica que por medio de esta técnica se puede obtener la fase h-MoO₃; sin embargo, para el caso de óxido con partículas de Ag se obtienen diversas fases de los óxidos de molibdeno, y la plata se presume que está presente de manera amorfa.

Como continuación de la investigación se pretende:

- Disminuir la emitancia de las películas a través de la producción de muestras más delgadas,
- Hacer un estudio de espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) para determinar el estado de valencia de las partículas de plata. Con los resultados se podría verificar que efectivamente se está obteniendo un cermet.
- Estudiar el comportamiento de los absorbentes en condiciones climáticas reales de manera sistemática.

Agradecimientos.

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, por brindar las condiciones adecuadas para la realización de esta investigación. CEJS y VMRT agradecen al Conacyt por su apoyo a través de una beca para estudios de doctorado y una beca para la realización de su estancia sabática en la UAMI, respectivamente.

Referencias

- Ardekani, S. R., Aghdam, A. S. R., Nazari, M., Bayat, A., Yazdani, E., & Saievar-Iranizad, E. (2019). A comprehensive review on ultrasonic spray pyrolysis technique: Mechanism, main parameters and applications in condensed matter. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 141, 104631.
- Cao, F., McEnaney, K., Chen, G., Ren, Z, A review of cermet-based spectrally selective solar absorbers, *Energy & Environmental Science*, Vol. 7, No. 5, p. 1615-1627, 2014.
- Duta, A., Isac, L., Milea, A., Ienei, E., & Perniu, D. (2014). Coloured solar-thermal absorbers—a comparative analysis of cermet structures. *Energy Procedia*, 48, 543-553.
- Fredriksson J., Eickhoff M., Giese L., Herzog M. A comparison and evaluation of innovative parabolic trough collector concepts for large-scale application, *Solar Energy*. Vol. 215, p. 266-310, 2021.
- Günter, M. Joemann, M. Csambor, S. (2011) Advanced SCP teaching material, Chapter 05: Parabolic trough technology, EnerMENA and German Aerospace center.
- Rycenga, M., Copley, C. M., Zeng, J., Li, W., Moran, C. H., Zhang, Q., ... & Xia, Y. (2011). Controlling the synthesis and assembly of silver nanostructures for plasmonic applications. *Chemical reviews*, 111(6), 3669-3712.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

GESTIÓN DE USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EMPRESAS DE MUNICIPIO DE LA ANTIGUA, VERACRUZ.

L. Melgarejo-Galindo¹, D. Melgarejo-Galindo¹, R.J. Castro-Lara¹ y L. López-Chiquito¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Carretera Cardel-Chachalacas km. 4.5, Úrsulo Galván, Veracruz, laida.mg@ugalvan.tecnm.mx, doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx, rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx, l18883497@ugalvan.tecnm.mx

Área de participación: TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

Resumen: El uso, manejo y optimización de los recursos es una actividad primordial en todos los sectores económicos, donde indiscutiblemente los recursos naturales son prioritarios por su importancia, por ello la manera de su utilización es un referente de la cultura ambiental de las personas físicas y morales. El cuidado y preservación de los recursos es referente de una cultura fuerte, hoy en día demandada en el ámbito político, económico y social, sin embargo, la importancia denota principalmente que la preservación de los recursos naturales es indispensable para la subsistencia. Es indispensable que, en lo individual, lo colectivo y en los distintos ámbitos y sectores sean partícipes en el adecuado manejo y cuidado del medio ambiente y los recursos naturales. Este estudio se enfoca al ámbito empresarial, donde se identifica el uso de energía eléctrica por parte de empresas del municipio de La Antigua, Veracruz. Los resultados que se muestran sirven como referente del uso de la energía eléctrica como recurso necesario para desempeñar las actividades operativas, pero también se busca identificar si se tiene un manejo adecuado de la misma, en la realización de actividades en pro de la conservación de los recursos naturales y cuidado de medio ambiente y determinar si se refleja una adecuada cultura ambiental. Se emplea una investigación cuantitativa, cualitativa, descriptiva, y transversal, con la que se espera cumplir el objetivo general y evaluación de la hipótesis planteada y establecer los resultados para realizar las recomendaciones pertinentes.

Introducción.

La creciente demanda de productos y servicios y la necesidad de satisfacerlos, ha generado incremento en la producción de bienes, en tanto productos y servicios. Lo que implica el incremento de productividad, que se refleja en la creación de nuevas empresas o incremento de operaciones productivas, situación que obliga al uso de los diferentes recursos e insumos, tal como lo es el empleo de tecnologías que hoy en día se ha tornado indispensable en diversidad de procesos.

Al hablar de tecnología es necesario mencionar la dependencia que se tiene con el uso de energía eléctrica como elemento indispensable para el funcionamiento de equipo para llevar a cabo las distintas etapas del proceso productivo de los distintos productos y/o servicios que ofrecen en las empresas.

En la actualidad es imprescindible el uso de la energía eléctrica para desempeñar diversas actividades, y las empresariales no son la excepción. Sin embargo, al igual que todo recurso o insumo, su explotación y uso inadecuado o irracional, trae consigo consecuencias como escases de recursos, encarecimiento de los factores

productivos y principalmente daños al medio ambiente y a los recursos naturales que comúnmente son irreversibles.

Por ello, es importante la necesidad de racionar el uso de la energía eléctrica, tarea que debe ser emprendida desde lo individual, y lo colectivo, gestionada por los gobiernos nacionales en conjunto con la población, con actores gubernamentales, empresas públicas y privadas, comunidad en general, etc.

Se hace necesario resaltar que los fines de esa aplicabilidad del uso eficiente de energía eléctrica depende de las particularidades políticas, económicas, técnicas, sociales, culturales, entre otras, propias de cada país o región. (Hernández et al, 2010).

Debemos considerar que el cuidado del medio ambiente y de uso adecuado de los recursos es una actividad que nos debe ocupar en general, algunos organismos han establecido diversas estrategias para el cuidado del medio ambiente, así, es importante citar, el escrito realizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SERMANAT, 2019) que especifica que la meta de la educación ambiental es “formar una población mundial consciente y preocupada con el medio ambiente y con los problemas asociados, que tenga conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones para los problemas existentes y para prevenir nuevos”.

Hoy en día existen diversidad de proyectos y campañas que buscan el cuidado del medio ambiente, iniciando con la concientización de las personas, situación que ha llevado a realizar estudios respecto a manejo y cuidado del entorno, se ha procedido a evaluar la cultura ambiental tomando como referencia el uso y manejo de la energía eléctrica, y así coadyuvar a la eficiencia energética misma que “representa la obtención de los mismos bienes o servicios con el uso de menos recursos energéticos y sin afectar los niveles de confort, calidad de vida o de productividad.” (González, et al 2014).

Cada vez es más común identificar estrategias de cuidado y ahorro de energía eléctrica implementada por las empresas que apoye a programas de la gestión de la energía. La gestión de la energía eléctrica en una empresa, residencia, o en algún otro establecimiento, es importante debido a la alta cantidad de energía que demanda el ser humano para el desarrollo de sus actividades. Además, es un medio importante para la gestión ambiental, ya que permite hacer un uso racional de estos recursos y procurar un ahorro, contribuyendo al desarrollo sostenible o sustentable González et. al. (2014). Dicha gestión se considera “un buen negocio económico, ambiental y de seguridad energética” (Acoltzi, 2011). Por lo tanto, el aprovechamiento y la gestión de la energía deben plasmarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles de las organizaciones.

En el Municipio de La Antigua, en el estado de Veracruz, al ser un lugar estratégico de comercio y tránsito, ya que se encuentra cerca en la transición de Veracruz puerto y Xalapa, la capital del estado, Su característica primordial son las actividades económicas como lugar estratégico y más importante de la región donde se desempeñan actividades de comercio y servicios. Por ende, las actividades comerciales son altamente desempeñadas y el uso de recursos e insumos es elemental. Consecuentemente La cultura ambiental toma relevancia por ser un lugar estratégico de la región. Lo anterior justifica la importancia identificar la cultura ambiental que prevalece en las empresas, con el objetivo de Evaluar la gestión de uso de energía eléctrica en empresas de municipio de La Antigua, Veracruz.

En ese tenor se establece la hipótesis el uso de energía eléctrica se implementa de forma adecuada muy frecuentemente en las empresas del municipio de La Antigua, Veracruz.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La investigación deriva del proyecto general *Cultura ambiental en las empresas de la zona centro del estado de Veracruz* posee un método descriptivo, con enfoque cualitativo y cuantitativo, que pretende evaluar indicadores de concientización por parte de las empresas del municipio en el cuidado del medio ambiente, referente al manejo de desechos, manejo de agua y manejo de electricidad en empresas del Municipio de la Antigua, Veracruz. En su caso diseñar la propuesta de un plan que permita la sensibilización y conciencia de una educación en pro de la cultura ambiental fuerte.

El estudio es trasversal al realizarse en un tiempo determinado y en una población específica. Como objeto de estudio se consideran a las empresas del municipio de La Antigua, Veracruz y como como sujeto de estudio a los empleados y/o empresariales de dicha zona, como técnica se empleó una entrevista, utilizando como instrumento un cuestionario estructurado, tipo escala de Likert con escala de valoración, el cual consta de 17 preguntas, aplicado a una muestra, obtenida de una fórmula para poblaciones finitas misma que se identificó del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM, 2022), considerando las empresas de municipio de la Cámara Nacional de Comercio (CANACO) SERVYTUR Cardel, donde se indica una población de 348 establecimientos estableciendo un 95% de confianza y 7.5% de error, donde resulta una muestra de 115 empresas encuestadas. La encuesta se realizó durante los meses de marzo a diciembre 2022, los horarios de acuerdo con la disposición de los trabajadores o responsables de la organización.

Una vez agotada la muestra establecida, se continuó con el análisis de los datos, empleando una hoja de cálculo Excel, donde se analizaron los datos y se obtuvieron tablas y graficas correspondientes.

Resultados y Discusión.

De acuerdo con la aplicación de instrumento el cual consistía en un cuestionario tipo Likert de 17 preguntas, con el objetivo Evaluar la gestión de uso de energía eléctrica

en empresas de municipio de La Antigua, Veracruz. Donde se estudiaron los apartados de Plan de higiene y seguridad en el trabajo, programa de manejo de desechos, programa de ahorro de agua y uso de energía eléctrica, de empresas de dicho lugar, se presentan resultados de este último rubro.

En referencia a los focos de iluminación que utiliza son ahorradores, se especifica que el 35% de las empresas lo realizan ocasionalmente, 28% casi nunca, 23% frecuentemente, 12% muy frecuentemente y 2% nunca los utiliza. (Figura 1).

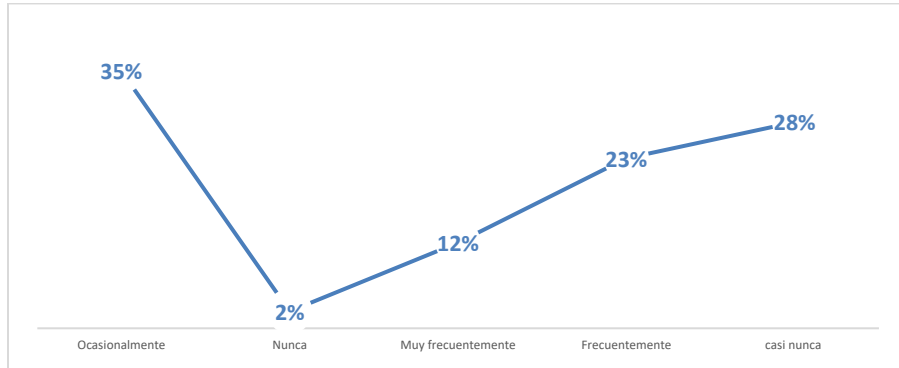


Figura 1. Uso de focos ahorradores

En referente a los cables de la electricidad se encuentran bien ubicados, se especifica que el 40% de las empresas lo realizan ocasionalmente, 33% frecuentemente, 16% casi nunca, 7% muy frecuente y finalmente 5% nunca. (Figura 2).

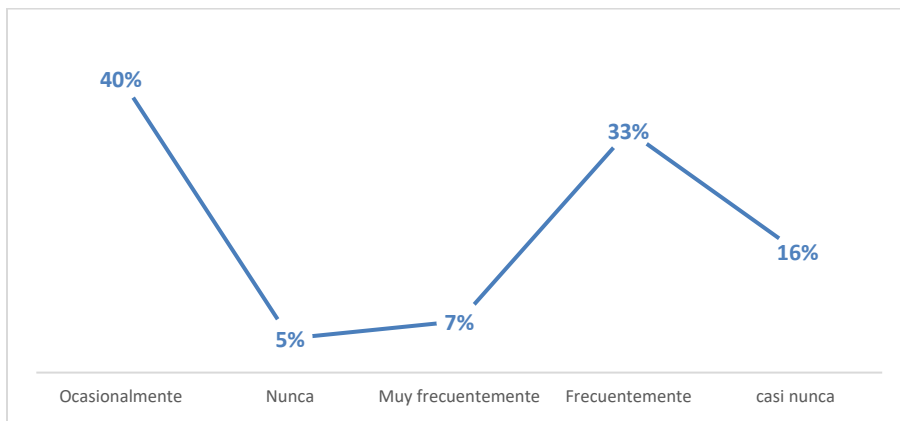


Figura 2. Ubicación adecuada de cables de seguridad.

En respecto al sistema de iluminación de pasillos y lavabos existen temporizadores, se especifica que el 44% de las empresas lo realiza ocasionalmente, el 19% frecuentemente y el mismo porcentaje casi nunca, el 12% muy frecuente y finalmente el 7% nunca. (Figura 3)

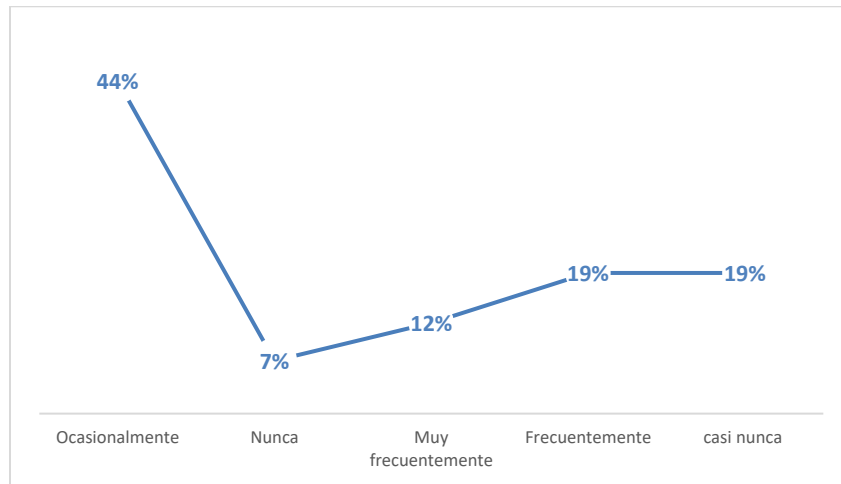


Figura 3. Uso de temporizadores en iluminación de pasillos y lavabos

En referencia a la concientización al personal referente al manejo adecuado de la electricidad, se especifica que el 35% de las empresas ocasionalmente lo realiza, el 28% frecuentemente, el 21% muy frecuentemente, seguido de un 14% que indicó que casi nunca y un 2% especificó que nunca. (Figura 4)

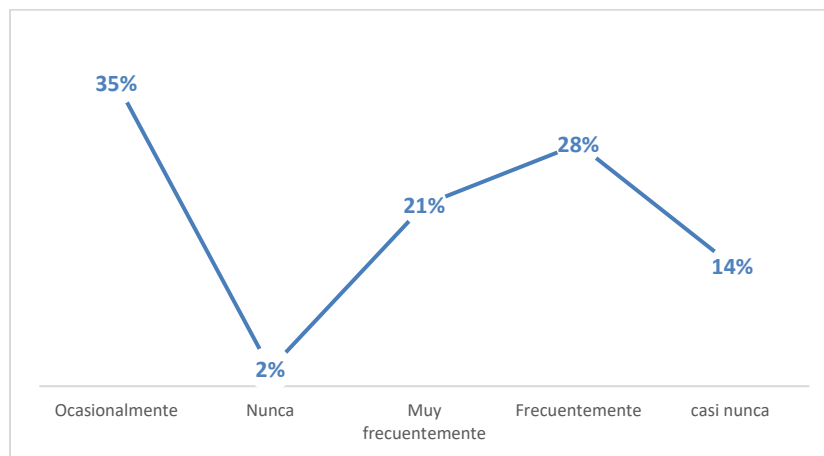


Figura 4. Concientización al personal del manejo adecuado de la electricidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos, respecto al uso de focos ahorradores de energía, se identifica que únicamente el 12% los utiliza de manera muy frecuente y el 23% frecuentemente, sin embargo el 63% los utiliza nunca o casi nunca, lo que refleja que no existe la cultura de utilizar este tipo de tecnología y no genera ahorro considerable para la empresa, se toma como referencia a Asociación Profesional de Empresarios de Instalaciones Eléctricas y de Telecomunicaciones de Madrid (APIEM, 2010), al especificar que los sistemas de iluminación contribuyen a la reducción del consumo de energía eléctrica. Estos sistemas son las lámparas

eficientes (lámparas fluorescentes compactas, tubos fluorescentes de alta eficiencia, lámparas led, entre otras).

Respecto al uso de temporizadores en pasillos y lavabos con el fin de ahorrar agua y energía eléctrica, el 40% indicó que ocasionalmente los utiliza, el 16% casi nunca y 5 % que nunca, lo que demuestra que no se tiene la capacidad de ahorrar energía haciendo uso de dicha tecnología, por tanto, en este aspecto, no contribuye a un adecuado cuidado y uso de la energía, por ejemplo, González et al (2014) “recomienda instalar sistemas de control de la iluminación para incrementar la eficiencia. Estos controles permiten adaptar el nivel de iluminación en función de las necesidades, ayudando a reducir el consumo y a ser eficientes” así mismo Almeida (2016), menciona que los focos ahorradores por ser eficientes en términos de consumo y vida útil.

Concerniente a la concientización del personal acerca del adecuado manejo de la electricidad donde especifica que el 49% trata de concientizar a los empleados muy frecuentemente y frecuentemente, aun cuando no es satisfactorio, es un porcentaje considerable tomando como referencia los resultados anteriores, con ellos se torna importante, lo propuesto por González et al (2014), sobre formalizar la responsabilidad compartida, en incluir un compromiso general para el ahorro energético entre la organización y los trabajadores dentro del convenio colectivo, el cual deberá ser consensuado entre todos los miembros de la organización.

Conclusiones.

EL uso de focos ahorradores de energía se considera una actividad necesaria de reforzar en las empresas en las operaciones de la empresa, ya que únicamente el 35% indicó usarlo de manera muy frecuente o frecuentemente. La ubicación de los cables de electricidad es otro factor que facilita el cuidado y manejo de la energía, desafortunadamente el 61% indicó no tener ubicación adecuada de dichos artículos, al indicar una mayor frecuencia de ocasional o casi nunca. Aun cuando en diversos estudios se establece la conveniencia del uso de temporizadores, como estrategia de ahorro, las empresas no utilizan dichas tecnologías, ya que únicamente el 19% especifica frecuentemente las recurre.

La concientización es la actividad que más utilizan, dado que el 49% indicó si realizarla con ello buscan que los empleados optimicen el uso de la energía eléctrica. Finalmente, los resultados y conclusiones obtenidas, permitió cumplir el objetivo de la presente investigación, así mismo se rechaza la hipótesis que refiere que el uso de energía eléctrica se implementa de forma adecuada muy frecuentemente en las empresas del municipio de La Antigua, Veracruz.

Agradecimientos.

Al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván por las facilidades prestadas para realizar la presente investigación, a integrantes del cuerpo académico en consolidación Gestión e innovación en las organizaciones (ITURG-CA-4) y a las tesis Lilina López Chiquito y Perla Pedraza Soler.

Referencias

- Acoltzi H. & Pérez H. (2011). Gestión de Energía. Boletín IIE. Artículo Técnico
- Almeida J. J. (2016). *Eficiencia energética e implementación de focos LED en el sistema residencial ecuatoriano* (Bachelor's thesis, PUCE).
- Asociación Profesional de Empresarios de Instalaciones Eléctricas y de Telecomunicaciones de Madrid (APIEM) (2010). Guía básica de eficiencia energética. Graymo, S.A. Madrid, España. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-eficiencia-energetica-residentesfenercom-2010.pdf>
- Hernandez, R., Fernández, C., y Baptista, M. D. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Cd. de México: México.
- Hernández, J. C., Pinto, Á. D., González, J. A., Pérez-García, N. A., Torres, J. M., & Rengel, J. E. (2017). Nuevas estrategias para un plan de uso eficiente de la energía eléctrica. *Ciencia, docencia y tecnología*, 28(54), 75-99.
- González, C., Pérez, R., Vásquez Stanescu, C., & Araujo, G. (2014). Eficiencia Energética: Uso racional de la energía eléctrica en el sector administrativo. *Consumo eficiente*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). México, larga experiencia en educación y cultura ambiental. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-larga-experiencia-en-educacion-y-cultura-ambiental?idiom=es>.
- Sistema de Información Empresarial Mexicano. (SIEM) (2021). Otenido, de <https://siem.economia.gob.mx/>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

TRANSFORMACIÓN DE UN EDIFICIO CONVENCIONAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC EN NZEB

Y. Domínguez-Garduño, J. Salazar Barragán, A. Olarte-Paredes, I.P. Hernández-Rosales
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27,
Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- L18090707@zacatepec.tecnm.m,
L18090796@zacatepec.tecnm.m, alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx, irma.hr@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: *TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)*

Resumen: El gasto energético eléctrico a nivel nacional va en aumento, según la Comisión Federal de Electricidad (CFE) la demanda para el año 2025 será de 404.7 TWh, por lo que es preocupante el mal uso de la energía eléctrica. El caso de estudio que se está evaluando, el Laboratorio del edificio T del Instituto Tecnológico de Zacatepec consume 26,572 kWh, dando un costo aproximado de \$95,234.048 pesos bimestral. Para consumir 1 kWh de electricidad en un edificio, se tienen que generar más de 3 kWh en la central donde se genera. A través del caso de estudio analizado mediante técnicas de aproximación o métodos numéricos, se identificarán los pasos a seguir para convertir un proyecto de edificio de laboratorio convencional, diseñado y construido sin criterios de eficiencia energética, en un edificio de alto rendimiento que además neutralice la huella de carbono de su operación, gracias a la generación de toda su energía mediante un sistema fotovoltaico integrado.

Introducción.

Es este trabajo aplicaremos la principal certificación internacional en cuanto al uso de energía se refiere la Net Zero Energy Buildings (Edificios de energía neta cero). Un edificio de energía neta cero (NZEB por sus siglas en inglés) es aquel cuyo consumo neto de energía al año es igual a cero y producir cero emisiones de carbono al año. Existen edificios que producen más energía que la que consumen a estos edificios se les llama "Energy Plus Buildings. Aquellos que consumen un poco más de lo que generan son llamados "Ultra Low Energy Buildings". Este tipo de edificios se hicieron posibles debido al avance tecnológico en técnicas de construcción y aprovechamiento energético.

El concepto de energía cero permite una amplia gama de enfoques, debido a las muchas opciones para la producción de energía y la conservación junto con las muchas formas de energía (medida en relación con el costo, la energía o las emisiones de carbono). Existen diferentes definiciones de un NZEB, en particular dos de ellas una en Europa y la otra en Estados Unidos, dado el propósito de este trabajo haremos referencia a la estadounidense donde la cantidad de energía proporcionada por las instalaciones de energía renovable es igual a la cantidad de energía utilizada por el edificio. Que es de menor alcance a la Europea, ya que esta última incluye los costos energéticos de la construcción del edificio. Los NZEB tiene básicamente dos paradigmas para su diseño:

- Reducir la demanda energética a través de medidas de eficiencia energética y uso de energía pasiva.

- Autoabastecimiento mediante la generación de energía a partir de fuentes renovables.

En esta investigación se implementaran estudios previos a la normativa de Estados Unidos “nZEB” donde será dirigida a la comunidad del Instituto Tecnológico de Zacatepec basado en el edificio T “Laboratorio de Posgrado y Computo” en el cual nos permitirá implementar un consumo casi nulo de energía eléctrica y disminución térmica adentro de la estructura donde deberá ser agradable para el usuario estando adentro del edificio y por ende favorecer el desarrollo integral de cada usuario, así como un estudio previo a sus instalaciones para determinar el consumo de energía eléctrica, como su tipo de material construido en la estructura donde está es afectada durante el día, como la orientación del edificio y tipo de suelo que tiene en sus cimientos.

El objetivo principal del presente trabajo es iniciar un levantamiento del edificio para razonamiento del consumo Eléctrico y proponer sistemas para hacerlo independiente de la red eléctrica sin comprometer la comodidad de los usuarios.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El concepto que opta la normativa nZEB es tomar energía sustentable a base de placas solares fotovoltaicas así mismo como bancos de baterías para la acumulación de energía, que podrían favorecer el autoconsumo por la noche. Es importante que los edificios gasten menos necesidades energéticas con base a sistemas pasivos, tanto que definen una orientación de la estructura, como sus materiales, composición, distribución y aislamiento térmico. Por lo cual es necesario optimizar lo térmico e integrar trabajos pasivos para reducir necesidades energéticas de calefacción y refrigeración, la directiva 2010/31/UE “Unión Europea, 2010” propone una metodología general para calcular eficiencia energética de las estructuras y exige a todos los edificios nuevos ser de consumo casi nulo, la Unión Europea ha transpuesto el documento básico de ahorro de energía “CTE-DB-HE” con el objetivo de disminuir el CO₂ en cada edificio nuevo y ya echo (Cinquegrana, 2017).

En México no existe una normativa tal cual como la nZEB, pero en algunos estados de México se están realizando los edificios con la normativa Europea, tales como el estado de monterrey, Nuevo León y la ciudad de México, creado en 2016 el tutelaje de la comisión de estudios del sector privado para el desarrollo sustentable “CESPEDES” , el consorcio “Edificios Cero Energía” anuncio el 7 de febrero del 2017 el primer registro de un primer edificio aspirante a obtener la certificación nZEB en México y resto de América Latina, actualmente están trabajando en las definiciones y en los documentos normativos que necesitan aprobar para cumplir estos plazos, por ello hay distintos enfoques, se ha decidido implementar inicialmente la definición de nZEB en algunas tipologías, para posteriormente adaptarla al resto del país (CESPEDES, 2015), (Serra, 2019).

Las etapas del presente trabajo comprenden:

- Estudio de consumo térmico y eléctricos reales “visita en campo”.
- Estudio de demanda de cargas eléctricas y térmicas. (Ver Imagen 5)
- Estudio del lugar en cuestión: características de la tierra y características de irradiancia para la instalación de autoconsumo.
- Estudio óptimo de un sistema fotovoltaico para autoconsumo.

Resultados y Discusión.

Para llevar a cabo las propuestas presentadas se tiene en cuenta las normas mexicanas para edificios sustentables, NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales. Esta norma presentada menciona que limita la cantidad de ganancia de calor por medio de su envolvente, con el fin de regular la energía de los sistemas de enfriamiento Aplicable para edificios nuevos o extensiones de edificios ya existentes.

La estructura en cuestión es un edificio en construcción al año 1978, por lo cual lleva elementos constructivos que desde la vista de un punto térmico y no son tan bueno, quiere decir, que llevan valores de transferencia altas. La estructura en cuestión el edificio T (Laboratorios de Posgrado) ver Figura 1, fue uno de los primeros Edificios dentro del Instituto de Zacatepec, por lo cual lleva elementos construidos que desde la vista de un punto térmico con el paso de las décadas este se ha vuelto obsoleto, sus sistemas de aire acondicionado y su instalación eléctrica son ineficientes.

Con estas razones se plantea hacer un estudio para rediseñar este edificio a un Edificio de consumo casi nulo “nZEB” (nearly zero energy building).



Figura 1. Edificio T de posgrado lado izquierdo



Figura 2. Edificio T de posgrado vista satelital (Google maps)

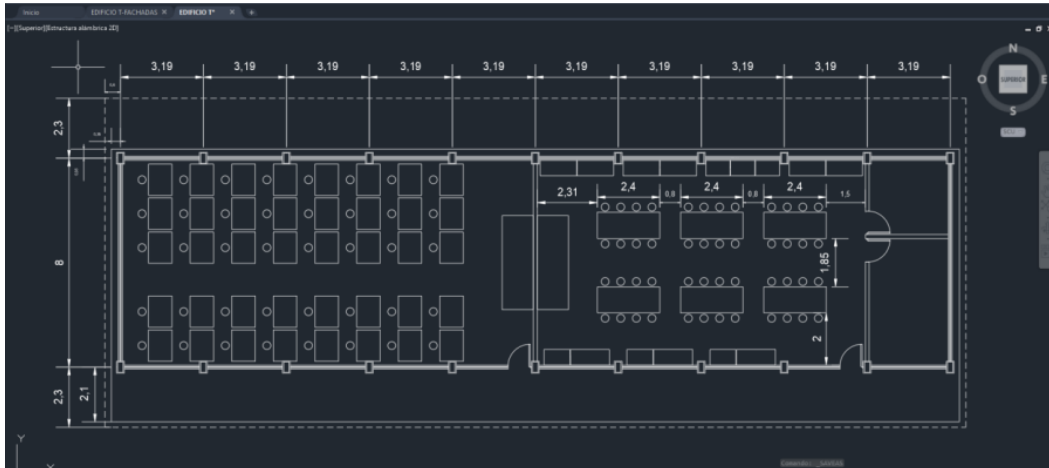


Figura 3. Vista superior edificio T Layout

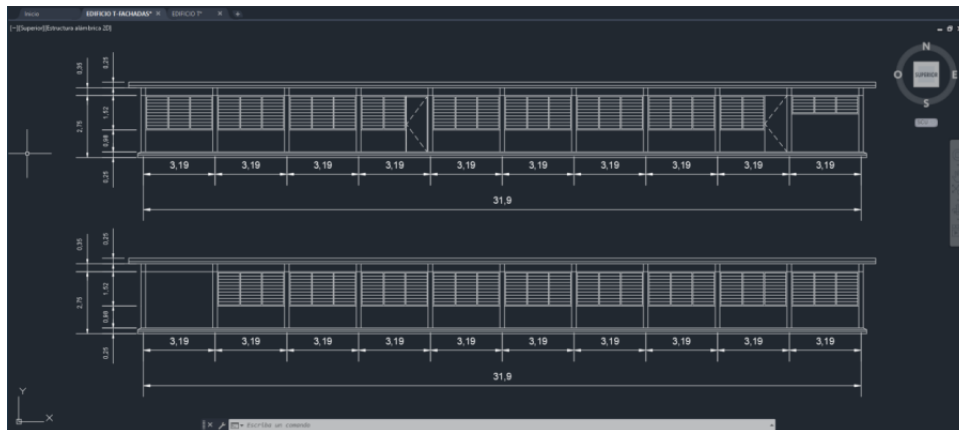


Figura 4. Vista Lateral edificio T Layout

Con los planos presentados anteriormente se analizó debidamente para realizar cálculos de consumo energético adentro del edificio como también cálculos de transferencias de calor adentro y afuera del edificio, demostrando lo aplicado a la normativa nZEB.

CALCULO DE CUADRO DE CARGAS														TOTAL WATTS	VOLTAJE	AMPERAJE
CIRCUITO	LAMPARAS WATTS				TOMACORRIENTES					ESPECIALES				TOTAL WATTS	VOLTAJE	AMPERAJE
	18	24	30	100	32	65	80	180	200	16	120	1600	2000			
1	2	1												60	127	0.5
2	4							5						972	127	7.7
3			16				6	6					1	2040	127	16.1
4			8	3			11						1	1420	127	11.2
5			6					7						1440	127	11.3
6			2					2			1	2		2020	127	15.9
7	8		4				51		6	30		2		8040	127	63.3
8														0	127	0.0
9														0	127	0.0
10														0	127	0.0

CIRCUITO	Ubicación	Protección (A)	Total de Watts	TOTAL WATTS	VOLTAJE	AMPERAJE
1	Almacén A "Área 1"	15A	26,572.00	2000	220	9.1
2	Almacén B "Área 2"	15A - 20A		2000	220	9.1
3	Laboratorio Gen "Área 3"	15A - 20A - 30A		4000	220	18.2
4	Laboratorio "Área 4"	30A		4000	220	18.2
5	Cubiculos "Área 5"	3A - 20A				
6	Pasillo "Área 6"	15A - 20A - 50A				
7	Laboratorio de Com "Área 7"	20A - 30A - 40A				

Figura 5. Cuadro de cargas edificio T

El consumo total del edificio es muy significativo y esto nos hace pensar que la generación de energía eléctrica que necesita para mantener el edificio activo en sus labores, como tanto su producción de CO₂ por los aires acondicionados.

ECUACIONES
$W = (W)(\text{No. Objetos})$
$A = \frac{W}{V}$
$CONSUMO = (W)(\text{Hrs})(\text{dias})$

Figura 6. Ecuaciones

Para el análisis térmico del edificio se tiene presente las fuentes de calor, que pueden provenir desde el exterior y producir desde el interior también, ejemplos de ellos son las personas dentro del laboratorio, componentes eléctricos de gran tamaño (refrigeradores u hornos), el color de fachada superior, etc.

Se a seccionado cada parte de este edificio para facilitar su análisis, puesto que el análisis es complejo y por consecuencia para su solución se utilizan técnicas de

aproximación o métodos numéricos. Las técnicas numéricas más utilizadas son el método de diferencias finitas y el método del elemento finito. Como se muestra en el ejemplo de la siguiente imagen (Figura 7).

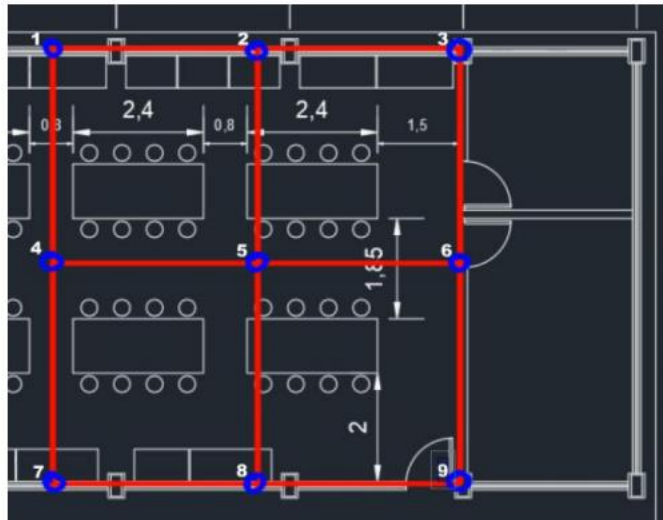


Figura 7. Análisis nodal para una de las áreas de laboratorio Edificio T

Conclusiones.

En este trabajo se está estudiando el edificio T del ITZ, (Laboratorio de Posgrado). En particular se realizó la primera y segunda etapa del modelo numérico para llegar a un edificio nZEB, definidos desde la directiva europea 31/10 UE como nZEB (Nearly Zero Energy Building).

Si cada edificio del Instituto Tecnológico de Zacatepec fuera capaz de generar su propia energía, se lograría un esquema de generación distribuida de la energía eléctrica, con beneficios para todos de tipo económico, social y ambiental.

Referencias

- 314/2006, R. D. (2022). Documento Básico HE (Ahorro de energía). Madrid, España: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Barrionuevo, A. S. (02 de Abril de 2019). Revista Doctorado UMH. Obtenido de <https://revistas.innovacionumh.es/index.php/doctorado/article/view/660>
- CESPEDES. (18 de Marzo de 2015). CESPEDES. Obtenido de <https://cespedes.org.mx/2015/03/18/energias-renovables-y-eficienciaenergetica/>
- Cinquegrana, A. (2017). Edificios hacia el límite del balance energético cero "nZEB" (Nearly Zero Energy Building) e integración con autoconsumo fotovoltaico. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Cruz, E. M. (2018). Sistemas pasivos de climatización y los edificios de consumo de energía casi nulo (EECN-NZEB). Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAD), 19.
- García, F. J. (s.f.). DISEÑO Y ESTUDIO ENERGÉTICO DE UN EDIFICIO NZEB (NEAR ZERO ENERGY BUILDING). PLANTEAMIENTOS DE SOSTENIBILIDAD. Universidad de Valladolid, 213.

Serra, M. (20 de Noviembre de 2019). Picharchitects. Obtenido de <https://www.picharchitects.com/2019/11/20/consorcio-empresarial-iniciaconstruccion-de-primer-edificio-cero-energia-en-latinoamerica/>

Villabona, J. A. (2022). Recopilación bibliográfica y teórica para el estudio de la normativa nZEB y de sus certificaciones en el mundo. semillero de investigación evolución tecnológica, 31.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

GERMINACIÓN IN VITRO DE CACTÁCEAS

A. E. Zagal-Anteliz¹, y S.E. Rangel-Estrada²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - aldoanteliz50@gmail.com

²Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana S/N. Colonia Centro, Zacatepec, Morelos, México. CP.62780 - sandrangel@hotmail.com

Área de participación: BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

Resumen: El objeto de llevar a cabo este proyecto es realizar la práctica de micropropagación vegetal (regeneración artificial de plantas en base a un tejido) para determinar la eficiencia que tiene la aplicación de la germinación in vitro para la proliferación y preservación de ciertas especies de cactáceas que conforman gran parte de la región de México. Dicho proyecto involucra el desarrollo de dos tratamientos diferentes que son los medios de cultivo que servirán como el medio base para su crecimiento y tomar en cuenta que los reactivos que involucra la preparación de estos no conllevan afecciones al medio ambiente, sino que son una combinación específica de nutrientes que pueden ser obtenidos del suelo y uno de los cuales está adicionado con hormona de estimulación de crecimiento, además de la aplicación de técnicas adecuadas durante el proceso de establecimiento de las semillas y de la preparación de soluciones para la desinfección de estas, que involucran la evaluación de datos semanales de acuerdo con el tiempo de germinación de las especies elegidas (Pitaya S. y Biznaga). Dichas especies son comunes en distintas regiones de la república, sin embargo, comienzan a tener un uso más ornamental y algunas son de uso para obtener propiedades de su composición estructural, por lo que se tratan de establecer en regiones fuera de lo común, estas acciones permiten que se busque tener reservas de estas especies para prevenciones de afecciones por fenómenos atmosféricos y dicha práctica ha tenido una buena postura en cuanto a la disponibilidad de las especies vegetativas.

Introducción

Llevar a cabo métodos de germinación in vitro pueden llegar a ser una alternativa para lograr que especies de plantas endémicas de una región no se extingan por los fenómenos atmosféricos y/o químicos, también potencializa su número de especies al ser un medio alternativo que las prevenga de contaminación por microorganismos y que estos no inhiban su crecimiento, por lo que se pretende buscar medios de cultivo que cuenten con los nutrientes necesarios que requieran las especies de cactáceas para lograr germinar mediante condiciones controladas, además de que aplicar esta técnica de cultivo es útil para que dichas especies puedan acondicionarse a otro ambiente de crecimiento y logren crecer en otros espacios.

La propagación in vitro de cactáceas se ha logrado de manera masiva usando tres vías de regeneración diferentes. Hay reportes de embriogénesis somática en *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Moebius Goldammer, 2003), así como de regeneración por organogénesis en otras especies como lo son *Selenicereus megalanthus* y *Notocactus magnificus*. Estos sistemas de regeneración pueden ser muy eficientes en cuanto al número de plantas que se producen en un corto tiempo.

Las cactáceas son plantas suculentas, y presentan adaptaciones en relación con la aridez. Estas adaptaciones pueden deberse a cambios metabólicos o estructurales

(Rossi, 1996). Generalmente originarias del continente americano y con ciertas características que involucran su estructura como lo son la raíz, tallo, hoja, espinas, flor, fruto y semilla.

Los tallos pueden ser globosos, esféricos, columnares, claviformes, articulados con los segmentos aplanados en forma de hoja o raqueta. En cactáceas epifitas pueden ser largas o rollizos, delgados, cilíndricos o triangulares. Los tallos intervienen en la conducción de sustancias nutritivas y también asumen funciones propias de las hojas como la fotosíntesis (Rossi, 1996).

Para el desarrollo del proyecto se consideraron dos especies de cactáceas (Pitaya S. y Biznaga) que son comunes tanto en el estado de Morelos como ciertas partes de México, por lo que se pretendió evaluar el medio idóneo para la germinación in vitro de ambas especies y las diferencias que tiene cada tratamiento durante su germinación en cuanto a la tasa de germinación, para suponer las ventajas y/o desventajas de cada tratamiento.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Elaboración del medio:

Se calcularon la cantidad a utilizar de los compuestos considerando 400 mL por tratamiento haciendo uso de una balanza analítica en la cual se pesaron 8 g de sacarosa y 5.4 de Agar Condalab por tratamiento. Se buscaron los reactivos MS I-V, cóctel II, Tiamina, Inositol, AG₃ (para tratamiento 2).

Rotulando un vaso precipitado de 600 mL se agregó una porción de 100 mL de agua destilada, con un agitador de imán colocándolo sobre un termo agitador; sobre el vaso precipitado se agregaron los 8 g de sacarosa con el termo agitador con el propósito de disolverla., una vez disuelta la sacarosa se usó una probeta de 10 mL y se agregó en el orden de MS I al MS V 2mL de cada uno, posteriormente se agregaron 4 mL de cóctel haciendo uso de otra probeta de 10 mL, para la tiamina y el inositol se hizo uso de un gotero para cada reactivo y se agregó 0.4 mL al medio. Para el tratamiento 2 se usó una probeta y se agregaron 4 mL de hormonas AG₃ a la solución y se utilizó una probeta en la que se vertió la solución y se aforó con agua destilada a 400 mL, y se regresó al vaso precipitado., después se pasó el vaso precipitado al pH metro y se ajustó el pH de la solución a 5.6 agregando gotas de NaOH.

En un matraz de 600 mL se agregaron los 5.4 g de agar condalab, se vertió un poco de la solución y se meneo para dispersar el agar, se colocó el matraz tapado con un pedazo de aluminio en el termo agitador y con un agitador magnético dentro, para disolver el agar en la solución mientras se encuentra a una temperatura elevada. Tras unos minutos, con ayuda de guantes se retira el matraz del termo agitador una vez que genere espuma es retirado el papel aluminio y soplando con un guante para bajar la espuma.

Previamente se seleccionan los frascos a utilizar, en los cuales se vertieron 15 mL del medio en cada uno, para ambos tratamientos. Tras tener los frascos tapados se cargó la canastilla de autoclave, y teniendo las condiciones de esta se esterilizó

el medio durante 20 minutos. Transcurrido el tiempo de precalentado y esterilizado se sacó la canastilla del medio y se guardaron en la campana de flujo laminar.

Establecimiento de las semillas.

Se eligieron dos especies de semillas del género cactáceas, (semillas de pitaya y biznaga). Las cuales se contabilizaron un total de 270 semillas por cada especie, tomando nota de los datos de la especie. En un frasco de vidrio de tapa roja de rosca se colocaron las semillas (para identificar el tratamiento), estas semillas se lavaron con jabón líquido y agua de la llave, durante 3 minutos. Después se enjuagó con agua destilada las semillas y se colocó el frasco con el material a utilizar en la campana de flujo laminar.

Se preparó una solución de cloro al 30 % más 10 gotas de Microdyn y 10 gotas de Breackthru, colocándola sobre el agitador hasta disolver.

Se preparó una solución fungicida de 100 mL agregando intercaptán, bactericida Agrimycin y 10 gotas de Breackthru, poniendo la solución sobre el agitador hasta disolver.

Una vez disueltas las soluciones se colocaron en la campana de flujo laminar y las semillas se vertieron en la solución de cloro en constante agitación por 20 minutos, que posteriormente se enjuagaron 4 veces con agua destilada, siguiendo con el tratamiento se vertió la solución de fungicida y se mezcló durante 15 minutos en constante agitación. Tras este período se retira la solución fungicida, colocando las semillas en otro frasco seco con tapa.

Sobre una caja Petri con una sanita estéril se iban sacando de diez semillas para cada frasco, dichos frascos del medio se abrían cerca de la lámpara de alcohol, y con ayuda de unas pinzas se establecieron las semillas semi enterradas sobre el medio, para después pasar la tapa y la boca del frasco sobre el fuego y cerrarlo, obteniendo un sellado estéril y se etiquetó cada frasco de acuerdo al tratamiento y la especie correspondiente, y se guardaron en el cuarto de incubación, (se repitió la técnica para ambas especies).

Resultados y Discusión.

En un periodo de entre 5 y 7 días después de la elaboración del medio se observó que no hubo ningún crecimiento microbiano externo, por lo que el esterilizado resultó efectivo y tampoco hubo complicaciones durante el mismo.

La técnica de germinación *in vitro* tuvo buenos resultados tanto para la especie Pitaya (tabla 1), como también lo fue para la especie Biznaga (tabla 2), debido a que se llevó a cabo un cuidado estricto en cuanto a los reglamentos de control, por lo que hasta la fecha no se han presentado frascos contaminados y el periodo de germinación ha sido constante, por lo que presenta una efectividad para llevar a cabo lotes de germinación tanto de estas especies de plantas como para otras que se deseen cultivar.

Tabla 1. Resultado de germinación de semillas de la especie Pitaya S en la semana 1 y 4.

ESPECIE	MUESTRA	TRATAMIENTO	SEMANA	SEMILLAS GERMINADAS
PITAYA	1	1	1	1
PITAYA	1	2	1	4
PITAYA	2	1	1	2
PITAYA	2	2	1	4
PITAYA	1	1	4	6
PITAYA	1	2	4	8
PITAYA	2	1	4	7
PITAYA	2	2	4	9

Tabla 2. Resultado de germinación de semillas de la especie Biznaga en la semana 1 y 4.

ESPECIE	MUESTRA	TRATAMIENTO	SEMANA	SEMILLAS GERMINADAS
BIZNAGA	1	1	1	1
BIZNAGA	1	2	1	5
BIZNAGA	2	1	1	1
BIZNAGA	2	2	1	2
BIZNAGA	1	1	4	4
BIZNAGA	1	2	4	6
BIZNAGA	2	1	4	4
BIZNAGA	2	2	4	5



Figura 1. Semana 1 de germinación de la especie Pitaya (tratamiento 2) sin muestras contaminadas.



Figura 2. Semana 4 de germinación de la especie Pitaya (tratamiento 2) sin muestras contaminadas.

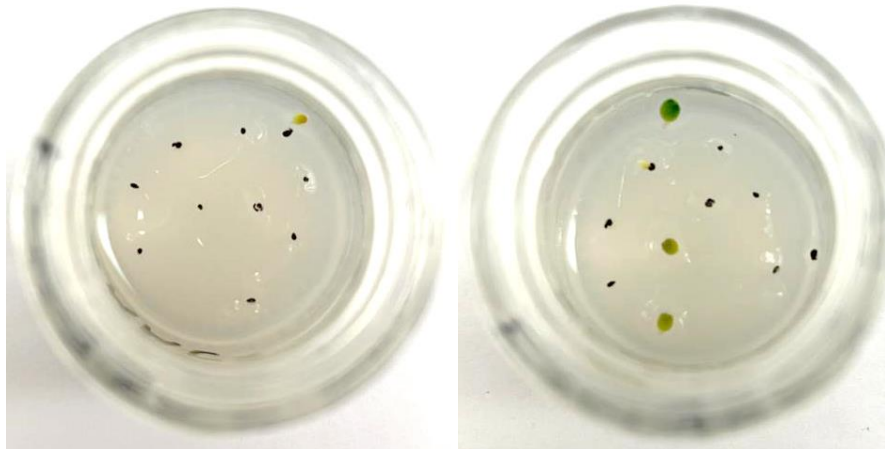


Figura 3. Comparación de crecimiento de la muestra 1, tratamiento 2 de la especie Biznaga.

Conclusiones

El llevar a cabo la germinación in vitro de cactáceas presenta una mayor aceleración de su crecimiento que de manera habitual o natural debido a que se encuentran en un ambiente controlado, descartando que en el tratamiento dos se utilizaron hormonas de crecimiento se comprueba que de esta técnica de cultivo se llega a ser una manera factible para tener un control de proliferación de las especies y se obtenga un consumo más activo para el uso que se requiera, por lo que se puede destinar esta técnica de propagación a otras especies y evitar o prevenir la discontinuidad de las especies vegetativas.

Agradecimientos.

Se extiende el siguiente agradecimiento al Tecnológico Nacional De México por la oportunidad de permitirme llevar a cabo mis actividades de servicio social fuera del plantel y de las asignaturas proporcionadas durante mi transcurso académico que fungieron como conocimiento teórico a la práctica aplicada durante el desarrollo de este proyecto, así como al centro INIFAP por brindarme los recursos necesarios y el uso de sus instalaciones para el desarrollo de la misma, y principalmente a la oportunidad que me brindo la Dra. Sandra Rangel para el desarrollo de este proyecto y sus enseñanzas para el uso del equipo y los fundamentos de la elaboración de los medios y técnicas aplicadas.

Referencias

- de la Rosa, M. D. L., Domínguez-Rosales, M. S., Pérez-Reyes, M. E., & Pérez-Molphe-Balch, E. (2012). Cultivo y propagación in vitro de cactáceas amenazadas del género *Turbincarpus*. *Interciencia*, 37(2), 114-120.
- Moebius Goldammer, Katja Guadalupe. (2003). *Regeneración in vitro de Ariocarpus kotschoubeyanus (Lem.), especie amenazada endemica de México*. (Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/136459>
- Quiala, E., Montalvo, G., & Matos, J. (2004). Empleo de la Biotecnología vegetal para la propagación de cactáceas amenazadas. *Biotecnología vegetal*, 4(4). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/426>
- Rossi, M. R. (1996). *Cactáceas y suculentas del jardín botánico Lankester*. EUNED.
- Vega, C. M. C., Pérez, J. C. S., Rodríguez, M. A., Sánchez, L. A., & Velázquez, S. F. (2008). Establecimiento de un sistema de micropropagación de *Peniosereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose, especie cactácea en peligro de extinción. *Revista Investigación Científica*, 4(2).

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE N-POLIBENZIMIDAZOLES

M. Rojas-Rodriguez^{1*}, C. Aguilar-Lugo¹, A. E. Lozano², L. Alexandrova¹

¹Instituto de Investigaciones en Materiales. Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México - mariorojas.r@outlook.com, carla.aguilar@quimica.unam.mx, laz@unam.mx.

²Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, ICTP-CSIC, Juan de la Cierva. Madrid, España. lozano@ictp.csic.es

Área de participación: MATERIALES POLIMÉRICOS (IQ)

Resumen: Una serie de polibenzimidazoles aromáticos N-sustituídos (N-PBIs) fueron sintetizados post-modificación del polímero PBI CF₃ obtenido por policondensación a 180°C entre 3,3'-diaminobencidina (DAB) y de ácido-4,4'-hexafluoroisopropilideno-bisbenzoico (HFA) con reactivo de Eaton. Estas modificaciones se llevaron a cabo por introducción de cadenas alifáticas con grupos amino N,N- metil sustituidos como: clorhidrato de 3-cloro-N, N-dimetiletilamina (DMEA) y clorhidrato de 3-cloro-N,N-dimetilpropilamina (DMPA), para ser utilizados como grupos voluminosos en membranas de separación de gases. Estos N-PBIs exhibieron alta procesabilidad no solo en disolventes como NMP, DMAc, DMF sino también en disolventes más volátiles como cloroformo y THF. Estos polímeros presentaron alta estabilidad térmica descomponiéndose por encima de los 300°C tras la pérdida de las cadenas alifáticas. Por otro lado, se observó que PBI DMPA podría presentar mejores propiedades de transporte debido a que presentó un FFV mayor que el polímero de partida PBI CF₃ y N-PBI con la cadena más corta.

Introducción.

La tecnología de separación de gases por membrana es una herramienta poderosa para resolver importantes problemas globales como el efecto invernadero (Bernardo et al., 2009; Sanders et al., 2013). El uso de membranas poliméricas es un área de investigación en crecimiento que ofrece costos competitivos y simplicidad en la operación de diferentes aplicaciones industriales que incluyen la producción de nitrógeno de alta pureza, deshidratación de gases, eliminación de gases ácidos (endulzamiento de gas natural) y recuperación de hidrógeno de las corrientes de proceso para su reciclaje. Aunque se han evaluado miles de polímeros como membranas para su uso en separación de gases (Kadir Khan et al., 2022; Robeson, 2008), propiedades como: permeabilidad (P), selectividad (α), envejecimiento y plastificación son una limitante.

Los polibenzimidazoles aromáticos (PBIs) son polímeros heterocíclicos conocidos por su excelente estabilidad física, térmica y química (Joseph et al., 2018), por lo que se consideran una clase prometedora de polímeros para su aplicación como membranas de separación de gases donde se involucren condiciones severas de operación (altas temperaturas o ambientes corrosivos). Sin embargo, la rigidez de la cadena principal los hace poco solubles en la mayoría de los solventes orgánicos, lo que dificulta su procesamiento.

Por otro lado, los PBIs no se han investigado a fondo para aplicaciones en separación de gases ya que presentan baja procesabilidad y una baja permeabilidad debida a su alta rigidez estructural por lo que algunas de las

estrategias para mejorar la solubilidad incluyen métodos como: introducción de grupos flexibles, reticulación y N-sustituciones (Berchtold et al., 2012; Hosseini et al., 2014; Zhu et al., 2017).

(Klaehn et al., 2007) describe una ruta sintética para obtener derivados de PBI N-sustituidos con organosilano variando la longitud de los grupos. Las modificaciones propuestas por Klaehn mostraron una reducción en el empaquetamiento entre cadenas por ruptura de las interacciones por puente de hidrógeno del enlace H-N...H del anillo del benzimidazol e interacciones de tipo π de los anillos aromáticos, aumentando significativamente su solubilidad en solventes orgánicos. (Kumbharkar & Kharul, 2010) investigó el comportamiento de la permeación a gases de una serie de PBIs en los que incorporaron diácidos con estructuras voluminosas basados en ácido isoftálico y el ácido 5-terc-butilisoftálico. Ambos diácidos aumentaron significativamente la procesabilidad. Así mismo, Kumbharkar estudió el efecto de la N-sustitución al incorporar grupos que poseen diferente volumen y flexibilidad, dichas sustituciones aumentaron hasta 30 veces la permeabilidad de H₂ en comparación a m-PBI (Celazole®) usado comercialmente. El grupo de Li (Li et al., 2014) estudió el efecto de la inclusión de grupos fluorados en la estructura de diferentes PBIs, encontrando que la introducción de este tipo de grupos promueve permeabilidades significativamente más altas a temperaturas altas. Las permeabilidades para hidrógeno a 250°C aumentaron a 997 barrer (1 barrer = $10^{-10}(\text{cm}^3_{(\text{STP})}\text{cm})/(\text{cm}^2\text{s}\text{cmHg})$) para una estructura que contiene hexafluoroisopropilideno (-C-(CF₃)₂), en comparación con 77 barrer de m-PBI.

En el presente trabajo se realizará la síntesis de polibenzimidazoles N-sustituidos a través de la post-modificación del PBI basado en la 3,3'-diaminobencidina (DAB) y el ácido-4,4'-hexafluoroisopropilideno-bisbenzoico (HFA) introduciendo cadenas alifáticas de diferentes longitudes con grupos amino N, N-metil sustituidas en un extremo, los cuales ayudaran a aumentar la solubilidad de este polímero en disolventes más volátiles que los usados comúnmente (NMP, DMF, DMAc). Así mismo, estas modificaciones estructurales pueden aumentar el volumen libre fraccional permitiendo un incremento en la permeabilidad. Además, se aprovechara la presencia de grupos fluorados y las aminas N, N- sustituidas a fin de incrementar la afinidad de absorción de CO₂ (Jorgensen et al., 2012; Yang et al., 2020).

Sección Experimental.

Síntesis de Polibenzimidazol 6F (PBI-6F)

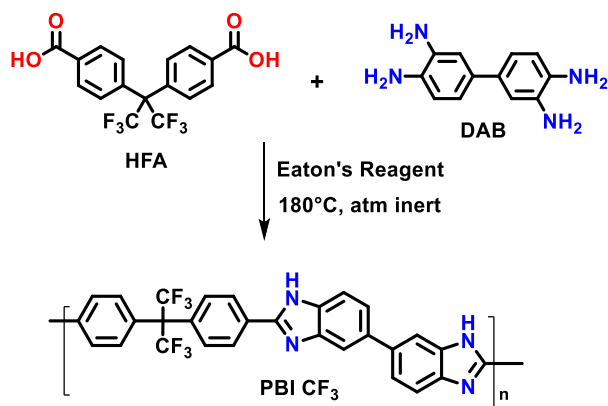
1.09g (5.09 mmol) de 3,3'-diaminobencidina (DAB) y 2.0g (5.09 mmol) de ácido-4,4'-hexafluoroisopropilideno-bisbenzoico (HFA) fueron agregados a un matraz Schlenk de 50 mL bajo atmosfera inerte. Después 20ml de reactivo de Eaton fueron adicionados e inmediatamente se dejó reaccionar hasta obtener una disolución viscosa a 180°C. La reacción se terminó precipitando en abundante agua y neutralizando con NaHCO₃. El sólido obtenido se lavó exhaustivamente con agua y se secó al vacío a 80°C hasta masa constante.

Síntesis de Polibenzimidazoles N-sustituidos (N-PBIs)

En un matraz de dos bocas se disolvió a temperatura ambiente 1.5g de PBI-6F y 5 equivalentes molares de amina N,N-metil sustituida (clorhidrato de 3-cloro-N,N-dimetiletilamina (DMEA) o clorhidrato de 3-cloro-N,N-dimetilpropilamina (DMPA)) con 20 mL de una mezcla de NMP/DMAc en una relación (80:20). Después, se agregó gradualmente 1.01g (42.09 mmol) de hidruro de sodio a 70°C manteniendo la reacción por 5h y 24h mas a 45°C. La disolución se precipito en agua desionizada y el polímero modificado se extrajo en cloroformo. El disolvente de extracción se elimina por rotoevaporación y el residuo se precipita de nuevo en agua desionizada, el sólido obtenido se filtró y secó al vacío a 80°C hasta masa constante.

Resultados y Discusión.

En este trabajo se llevó a cabo la síntesis de Polibenzimidazoles N-sustituidos post-policondensación de PBI CF₃ usando reactivo de Eaton (esquema 1). Las condiciones de reacción permitieron obtener el PBI CF₃ altamente procesable en diferentes disolventes como NMP, DMAc y DMF, y con una mínima fracción gel (<5%) y una viscosidad inherente de $\eta_{inh}=1.5$ dL/g.



Esquema 1. Síntesis de PBI CF₃ por policondensación a altas temperaturas con reactivo de Eaton.

Este polímero se caracterizó por diferentes técnicas espectroscópicas confirmando que se obtuvo un polímero completamente ciclado. En la figura 1a, se muestra el espectro de IR-FT del PBI CF₃, se muestran señales vibracionales de entre 3500-2800 cm⁻¹ asociadas al estiramiento del enlace N-H, una banda vibracional entre 1250-1240 cm⁻¹ correspondiente al enlace C-F del diácido HFA y dos bandas entre 1600-1380 cm⁻¹ que se atribuyen a vibraciones de estiramiento en el plano de los enlaces C=C y C=N del anillo de benzimidazol. El PBI CF₃ también se caracterizó por Resonancia Magnética de Protón (RMN ¹H), (figura 1b), observándose el pico característico del protón del imidazol en 13.2 ppm (H_c) y picos entre 7.6-8.6 ppm que corresponden a protones aromáticos tanto de HFA como de DAB.

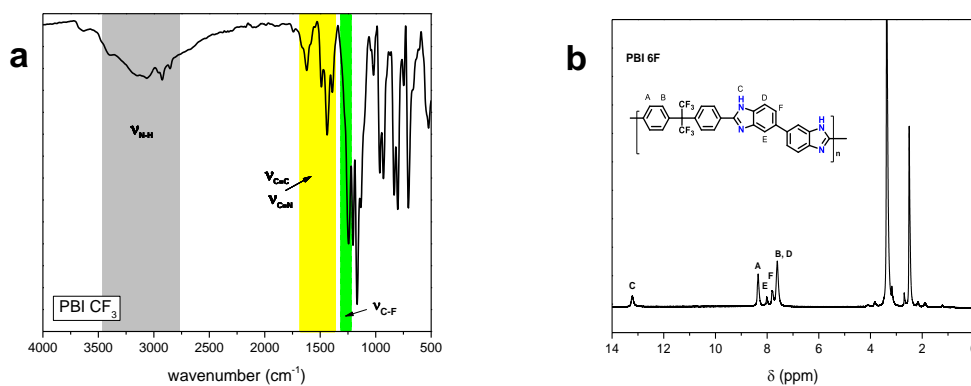
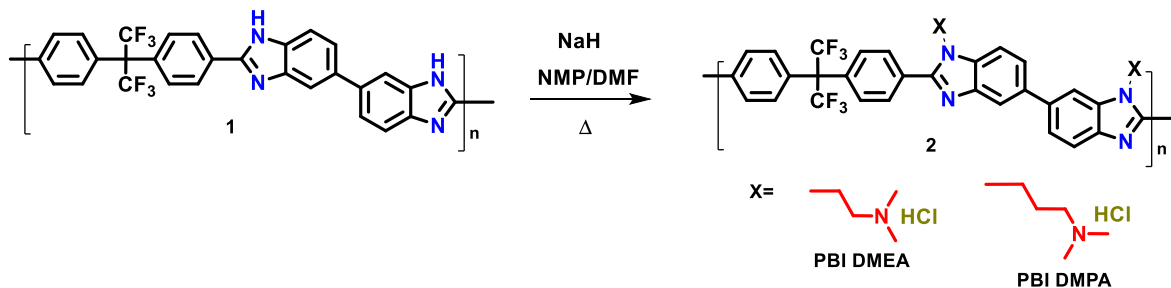


Figura 1. a) Espectro de infrarrojo de PBI CF₃. b) Espectro de RMN ¹H de PBI CF₃.

Las modificaciones de PBI CF₃ se obtuvieron con conversiones >90% de acuerdo con el esquema 2. Sin embargo, estas presentaron una disminución del 10% en la viscosidad obteniendo viscosidades inherentes entre $\eta_{inh}= 1.35$ dL/g (DMPA) y $\eta_{inh}=1.4$ dL/g (DMEA), debido a la eliminación de las interacciones entre cadenas poliméricas después de las N- alquilaciones (Kumbharkar & Kharul, 2009). Por otro lado, estas modificaciones de PBI CF₃ permitieron aumentar la procesabilidad a temperatura ambiente en disolventes más volátiles como CHCl₃ y THF así como en DMF, NMP y DMAc.



Esquema 2. N- sustituciones de PBI CF₃.

En los espectros de RMN ¹H de los PBIs N-sustituídos (figura 2a) se observó la desaparición del protón del benzimidazol N-H en $\delta \sim 13.2$ ppm, indicando la sustitución de las cadenas alifáticas de las aminas N,N-metil sustituidas en el protón del benzimidazol. También puede notarse la aparición de señales entre δ 2 ppm a δ 4.3 ppm que corresponden a los protones de los carbonos alifáticos.

Así mismo, los espectros de infrarrojo de los N-PBIs mostraron bandas generales de vibración en la zona de 2900-3000 cm⁻¹ que corresponden a los grupos -CH₃ y -CH₂ de las cadenas alifáticas lo cual confirma la modificación del PBI CF₃ y las señales del polímero de partida tanto del enlace C-F como de los estiramientos de los enlaces C=C y C=N (figura 2b). Las señales anchas entre 300 y 3300 cm⁻¹

pueden ser asociadas a la absorción de humedad de los N-PBIs, notándose más pronunciado este efecto en el PBI DMPA.

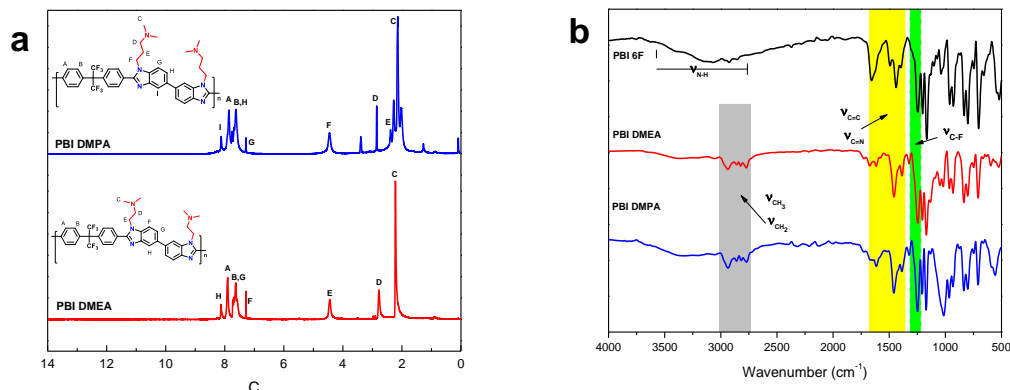


Figura 2. a) Espectro de RMN 1H de PBI CF₃. b) Espectro de infrarrojo de PBI CF₃.

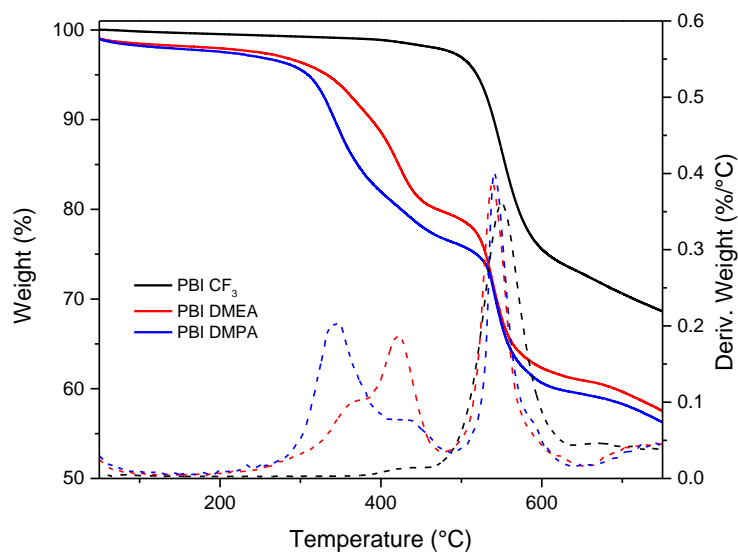


Figura 3. Termogramas correspondientes a las N-sustituciones de PBI CF₃.

El análisis termogravimétrico de los diferentes N-PBIs obtenidos en atmósfera de nitrógeno hasta 800°C (figura 3) mostró una alta estabilidad térmica con un cambio de masa inicial entre 300°C - 480°C que corresponde a la pérdida de las cadenas alifáticas del PBI DMEA correspondiente al 20%. Para PBI DMPA se observa una descomposición entre 300°C - 500°C que corresponde al 23% de pérdida asociada a la degradación de las cadenas alifáticas. Tanto los N-PBIs como el PBI de origen muestran un segundo cambio de masa entre 500°C - 600°C que corresponde a la pérdida de los grupos CF₃ de la cadena principal. El polibenzimidazol que contiene cadenas más cortas (DMEA) presenta una mejor estabilidad térmica en

comparación a PBI DMPA. Esta disminución de la estabilidad térmica de PBI DMPA se atribuye a la presencia de los grupos alquilo con mayor longitud ya que es conocido que este tipo de cadenas son susceptibles a degradarse a altas temperaturas.

Tabla 1. Propiedades físicas de PBIs N- sustituidos.

POLÍMERO	DENSIDAD (G.CM ⁻³)	VW (CM ³ .G ⁻¹)	FFV
PBI 6F	1.3814	0.4746	0.1476
PBI DMEA	1.2528	0.5185	0.1554
PBI DMPA	1.2251	0.5260	0.16225

El volumen libre fraccional (FFV) de polibencimidazoles N-sustituidos se calculó usando la siguiente ecuación;

$$FFV = \frac{V - (1.3V_w)}{V}$$

Donde V es el volumen específico (cm³/g) que corresponde al inverso de la densidad del polímero y V_w es el volumen de Van der Walls (cm³/g). V_w se determinó mediante modelado molecular aplicando el método semiempírico Austin Model 1 (AM1) en el programa informático Hyperchem, versión 8.0.

Para obtener el FFV fue necesario determinar la densidad de los polímeros usando un kit de balanza basado en el principio de Arquímedes usando como disolvente isooctano. De acuerdo con los datos asentados en la tabla 1, el PBI DMPA presentó el mayor FFV en comparación al polímero de partida (PBI CF₃) y a su análogo con fragmentos alifáticos más cortos (PBI DMEA). Esto puede estar relacionado con la longitud de las cadenas alifáticas tras la eliminación de las interacciones entre cadenas por puentes de hidrogeno y stacking entre anillos aromáticos de la cadena principal de los polímeros, provocando una menor procesabilidad y permeabilidad. Con esta información se espera que polímeros con mayor volumen libre proporcionen mejores resultados en futuros ensayos de permeabilidad ya que el FFV es considerado un índice que determina las propiedades de transporte (Guzmán-Lucero et al., 2015).

Conclusiones.

Se sintetizó PBI CF₃ con alto peso molecular mostrando una viscosidad inherente de η_{inh}=1.5 dL/g con una fracción de gel muy baja y buena procesabilidad en disolventes comunes. Las N-sustituciones de PBI CF₃ se lograron con altos porcentajes de conversión confirmados por IR-FT y RMN ¹H mostrando la desaparición de los protones del benzimidazol para ambos polímeros sintetizados, así como una mejoría en la procesabilidad siendo solubles en disolventes más

volátiles como cloroformo. Los termogramas obtenidos para los PBIs N-sustituidos mostraron alta estabilidad térmica perdiendo fragmentos alifáticos por encima de los 400°C. Finalmente a través del cálculo de FFV se puede esperar que PBI DMPA pueda presentar mejores permeabilidades de CO₂ por lo que se espera realizar mediciones de permeabilidad para diferentes gases.

Agradecimientos.

A G. Cedillo Valverde, A. Tejeda Cruz y a E. Reyes Morales y M. A. Canseco del (IIM-UNAM) por los diferentes análisis.

Al financiamiento otorgado por PAPIIT con numero AG100323.

A CONACyT por la beca de Doctorado otorgada.

Referencias

- Berchtold, K. A., Singh, R. P., Young, J. S., & Dudeck, K. W. (2012). Polybenzimidazole composite membranes for high temperature synthesis gas separations. *Journal of Membrane Science*, 415–416, 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2012.05.005>
- Bernardo, P., Drioli, E., & Golemme, G. (2009). Membrane gas separation: A review/state of the art. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48(10), 4638–4663. <https://doi.org/10.1021/ie8019032>
- Guzmán-Lucero, D., Palomeque-Santiago, J. F., Camacho-Zúñiga, C., Ruiz-Treviño, F. A., Guzmán, J., Galicia-Aguilar, A., & Aguilar-Lugo, C. (2015). Gas permeation properties of soluble aromatic polyimides based on 4-fluoro-4,4'-diaminotriphenylmethane. *Materials*, 8(4), 1951–1965. <https://doi.org/10.3390/ma8041951>
- Hosseini, S. S., Omidkhah, M. R., Zarringhalam Moghaddam, A., Pirouzfard, V., Krantz, W. B., & Tan, N. R. (2014). Enhancing the properties and gas separation performance of PBI–polyimides blend carbon molecular sieve membranes via optimization of the pyrolysis process. *Separation and Purification Technology*, 122, 278–289. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.11.021>
- Jorgensen, K. R., Cundari, T. R., & Wilson, A. K. (2012). Interaction Energies of CO₂-Amine Complexes: Effects of Amine Substituents. *The Journal of Physical Chemistry A*, 116(42), 10403–10411. <https://doi.org/10.1021/jp305347b>
- Joseph, R. M., Merrick, M. M., Liu, R., Fraser, A. C., Moon, J. D., Choudhury, S. R., Lesko, J., Freeman, B. D., & Riffle, J. S. (2018). Synthesis and characterization of polybenzimidazole membranes for gas separation with improved gas permeability: A grafting and blending approach. *Journal of Membrane Science*, 564, 587–597. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.07.064>
- Kadir Khan, F., Goh, P. S., Ismail, A. F., Wan Mustapa, W. N. F., Halim, M. H. M., Soh, W. K., & Yeo, S. Y. (2022). Recent Advances of Polymeric Membranes in Tackling Plasticization and Aging for Practical Industrial CO₂/CH₄ Applications—A Review. *Membranes*, 12(1), 71. <https://doi.org/10.3390/membranes12010071>
- Klaehn, J. R., Luther, T. A., Orme, C. J., Jones, M. G., Wertsching, A. K., & Peterson, E. S. (2007). Soluble N-Substituted Organosilane Polybenzimidazoles. *Macromolecules*, 40(21), 7487–7492. <https://doi.org/10.1021/ma062186d>
- Kumbharkar, S. C., & Kharul, U. K. (2009). N-substitution of polybenzimidazoles: Synthesis and evaluation of physical properties. *European Polymer Journal*, 45(12), 3363–3371. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2009.10.006>
- Kumbharkar, S. C., & Kharul, U. K. (2010). Investigation of gas permeation properties of systematically modified polybenzimidazoles by N-substitution. *Journal of Membrane Science*, 357(1–2), 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.04.014>
- Li, X., Singh, R. P., Dudeck, K. W., Berchtold, K. A., & Benicewicz, B. C. (2014). Influence of

- polybenzimidazole main chain structure on H₂/CO₂ separation at elevated temperatures. *Journal of Membrane Science*, 461, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.03.008>
- Robeson, L. M. (2008). The upper bound revisited. *Journal of Membrane Science*, 320(1–2), 390–400. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.04.030>
- Sanders, D. F., Smith, Z. P., Guo, R., Robeson, L. M., McGrath, J. E., Paul, D. R., & Freeman, B. D. (2013). Energy-efficient polymeric gas separation membranes for a sustainable future: A review. *Polymer*, 54(18), 4729–4761. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2013.05.075>
- Yang, Z., Guo, W., Mahurin, S. M., Wang, S., Chen, H., Cheng, L., Jie, K., Meyer, H. M., Jiang, D., Liu, G., Jin, W., Popovs, I., & Dai, S. (2020). Surpassing Robeson Upper Limit for CO₂/N₂ Separation with Fluorinated Carbon Molecular Sieve Membranes. *Chem*, 6(3), 631–645. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2019.12.006>
- Zhu, L., Swihart, M. T., & Lin, H. (2017). Tightening polybenzimidazole (PBI) nanostructure via chemical cross-linking for membrane H₂/CO₂ separation. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(37), 19914–19923. <https://doi.org/10.1039/C7TA03874G>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELICULAS ABSORBEDORAS CIGS SELENIZADAS Y SIN SELENIZAR

A. Ledesma-Juárez¹, A.M. Fernández¹

¹Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Xochicalco S/n,
Temixco, Morelos, 62580, México.

arelis@ier.unam.mx, afm@ier.unam.mx

Área de participación: TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

Resumen: En este trabajo se presenta la fabricación de películas delgadas absorbedoras de Cu(In, Ga)Se₂ (CIGS) mediante la técnica de co-electrodeposición, utilizando 2 sales metálicas (cloruros y nitratos) y tres voltajes diferentes (-0.8, -0.9 y -1.0V), con y sin proceso de selenización pos depósito de las películas CIGS. También se muestra la caracterización estructural, morfológica y de composición atómica de las películas CIGS sin selenizar y selenizadas, con la finalidad de obtener una adecuada estequiometría para la fabricación de celdas solares de película delgada utilizando este absorbedor.

Introducción.

Las celdas solares de película delgada se encuentran dentro de la clasificación de segunda generación, presentando algunas ventajas sobre las celdas de primera y tercera generación, como lo es: buena estabilidad cuando están en funcionamiento requiere bajos espesores para su fabricación y pueden ser fabricadas con métodos de bajo costo (Saha, 2020). Además de utilizar metales calcogenuros como absorbedores como lo son: diselenuro de Cobre, Indio, Galio, Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS), telurio de cadmio (CdTe) e Indio diselenuro de cobre (CISE₂), destacando de estos el absorbedor CIGS por las características que presenta como lo es: alto coeficiente de absorción 10⁵/cm, un band gap de 1.0 – 1.7 eV (Desarada, 2022), estabilidad a largo plazo, buen rendimiento en condiciones de poca luz, pueden utilizar sustratos flexibles para su fabricación, sus eficiencias oscilan alrededor del 23.5 % (Saha, 2020). La película delgada de CIGS se pueden fabricar mediante diversas técnicas de depósito, como lo son, evaporación reactiva, pulverización catódica (sputtering) y co-electrodeposición, el uso de estas técnicas de vacío representa altos costos de fabricación, además de un alto porcentaje de desperdicio de materiales, es por ello que la técnica de co-electrodeposición sobresale debido a que se puede optimizar los elementos a depositar, se tiene un mejor aprovechamiento de los materiales, se pueden realizar depósitos en área grande y presenta un menor consumo de energía durante el crecimiento del absorbedor (Bhattacharya, 1983). Las celdas solares basadas en CIGS como absorbedor, elaboradas por la técnica de co-electrodeposición, presentan una composición que no es estequiométrica, debido a que se obtienen películas poco compactas y con estructura poco cristalina. Las relaciones de composición del absorbedor con las que se han obtenido los mejores resultados, en términos de eficiencia de la celda solar, tienen valores de Ga/(In+Ga) ≈ 0.3 y Cu/(In+Ga) ≈ 0.9 (Farooq, 2019). Con base a esa problemática, en este trabajo se propuso el uso de dos diferentes tipos de sales metálicas para elaborar películas delgadas de CIGSe mediante la técnica de co-electrodeposición realizando

un proceso de selenización a dichas películas, con la finalidad de recristalizar la película para hacerla más cristalina, con granos grandes y con morfología compacta y mejorando la relación estequiométrica de Cu, In, Ga, Se. El proceso de selenización consiste en un tratamiento térmico en atmósfera de selenio donde se produce la recristalización de la película provocando el crecimiento de grano, reduciendo los huecos entre ellos. El mecanismo mediante el cual se produce el crecimiento de grano se ha identificado como sinterización por la presencia de selenio (Lincot, 1994).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La preparación de las películas delgadas de CIGS se realizó mediante la técnica de co-electrodeposición, empleando dos diferentes tipos de sales (cloruros y nitratos), así como tres voltajes diferentes. La tabla 1 muestra la concentración molar de cada sal metálica utilizada en la preparación de cada baño.

Tabla 1. Concentración molar de cada sal metálica utilizada para cada baño.

Baño No.	2.6 (mM)	4.5 (mM)	10 (mM)	8 (mM)	1 (mM)
1	CuCl ₂	InCl ₃	GaCl ₃	H ₂ SeO ₃	InCl ₃
2	Cu(NO ₃) ₂	In(NO ₃) ₃	Ga(NO ₃) ₃	H ₂ SeO ₃	LiNO ₃

Se empleo vidrio / Molibdeno como sustrato, el cual se fabricó en casa, utilizando un equipo de pulverización catódica de corriente continua, modelo Balzer BAE 250, empleando un blanco de Mo cuyo diámetro fue de 5,08 cm. Las películas delgadas se obtuvieron de forma potencioestática, utilizando para ello un potencioestado Bio-Logic SAS modelo VSP s/n:0332 controlado con el software Ec-lab, utilizando una celda típica de tres electrodos.

El proceso de selenización se llevó a cabo en una cámara al vacío, con temperatura y presión controladas, variando la Temperatura, tiempo y cantidad de selenio utilizado, hasta obtener las características estructurales y morfológicas deseadas.

Las películas fabricadas fueron analizadas mediante un equipo de difracción de rayos X, utilizando un difractograma modelo DMAX-2200 con radiación K α de cobre ($\lambda_{Cu} = 1,5406 \text{ \AA}$) a 40 kV, y el haz de rayos X tenía una incidencia rasante de 0.5° (GIXRD). Las composiciones atómicas de las películas se obtuvieron mediante la técnica EDS utilizando el microscopio Hitachi modelo SU1510, el SEM cuenta con un detector de electrones secundarios y un detector de rayos X de energía dispersiva modelo INCA-x-act. Se utilizó un voltaje de aceleración de electrones de 8 kV y niveles de emisión de energía K α para cobre, selenio, galio y L α para indio para cuantificar la composición atómica. Los valores de composición atómica se cuantificaron en 600 μm x 600 μm . Se habían obtenido micrografías de las películas usando un microscopio SEM Hitachi modelo S-5500 con un detector de electrones secundario.

Resultados y Discusión.

Las Tabla 1 y 2 contienen la siguiente nomenclatura; **M**: Molibdeno; **C**: Cloruros; **N**: Nitratos; **1**: voltaje utilizado de -1.0V; **2**: voltaje utilizado de -0.9V; **S0**: muestras sin selenizar; **S1**: selenización con calentamiento superior (H1), utilizando 30 mg de selenio; **S2**: Selenización con calentamiento superior y lateral (H1 y H2), utilizando 30 mg de selenio; **S3**: selenización con calentamiento H1 y H2, utilizando 3 mg de Selenio; **S4**: selenización con calentamiento H1 y H2, utilizando 300 mg de Selenio. La Tabla 1 muestra las condiciones de Temperatura y tiempo que se utilizaron para cada prueba de selenización que se realizó. La Tabla 2 muestra los porcentajes de composición atómica y de las relaciones de composición de y Cu/(In+Ga) Ga/(In+Ga) obtenidas mediante EDS de las películas CIGS selenizadas y no selenizadas, utilizando diferentes condiciones.

Con base a los resultados obtenidos, se observa en la Tabla 2 que a medida que disminuye el voltaje, el porcentaje atómico de Cu (0.34 V vs NHE) aumenta, mientras que el de In y Ga disminuye, para los baños de cloruros y nitratos, lo cual es acorde con los potenciales de reducción que tanto del In (-0.34 V vs NHE) como del Ga (-0.54 V vs NHE) son superiores al del Cu. En la Tabla 2 también se puede apreciar que las películas derivadas de cloros y nitratos cuando son selenizadas mediante el método S1 no muestran un cambio en la composición atómica. Las películas fabricadas con cloro como electrolito, utilizando cualquier método de selenización (S1, S2, S3 o S4) se acercan más a los valores de composición ideal en comparación con las películas fabricadas utilizando nitratos como electrolito. La muestra MC1 selenizadas por el método S2 presenta valores similares a las relaciones de composición ideal de [Cu]/[In+Ga] de 0.93 y de Ga/(In+Ga) de 0.3.

Tabla 1. Condiciones de Temperatura y tiempo utilizadas para las muestras selenizadas

Muestras	Temperatura (°C)	Tiempo (s)
MC1-S1 y S2 / MN1-S1 y S2	560	60
MC2-S1 y S2 / MN2-S1 y S2	550	30
MC3-S1 y S2 / MN3-S1 y S2	570	60

Tabla 2. Porcentajes de composición atómica y de las relaciones de composición de y Cu/(In+Ga) Ga/(In+Ga) obtenidas mediante EDS de las películas CIGS selenizadas y no selenizadas.

Nombre de la muestra	Elemento	% Atómico				
		S0	S1	S2	S3	S4
MC1	Cu	0.00	0.00	23.24	23.31	21.97
	In	21.02	24.62	15.70	16.23	14.87
	Ga	0.00	0.00	6.28	4.56	5.28
	Se	78.98	75.38	54.80	55.89	57.87
	Cu/(In + Ga)	0.00	0.00	1.06	1.12	1.09

	Ga/(In + Ga)	0.00	0.00	0.29	0.22	0.26
MC2	Cu	0.00	0.00	29.72	6.79	7.31
	In	18.38	22.68	25.19	39.93	40.76
	Ga	0.00	0.00	3.70	4.18	2.52
	Se	81.62	77.32	41.40	47.95	49.40
	Cu/(In + Ga)	0.00	0.00	1.03	0.15	0.17
	Ga/(In + Ga)	0.00	0.00	0.13	0.09	0.06
MC3	Cu	0.00	0.00	42.04	25.10	9.93
	In	99.99	99.99	15.83	11.97	36.76
	Ga	0.01	0.01	9.50	5.51	2.62
	Se	0.01	0.01	32.65	57.42	50.69
	Cu/(In + Ga)	0.00	0.00	0.87	1.44	0.25
	Ga/(In + Ga)	0.00	0.00	0.67	0.32	0.07
MN1	Cu	0.00	0.02	20.14	32.71	2.03
	In	100.00	99.98	25.16	15.72	4.85
	Ga	0.00	0.00	2.63	23.22	3.45
	Se	0.00	0.00	52.08	28.34	89.67
	Cu/(In + Ga)	0.00	0.00	0.72	0.84	0.24
	Ga/(In + Ga)	0.00	0.00	0.09	0.60	0.42
MN2	Cu	0.00	0.00	33.64	33.39	24.51
	In	99.99	99.98	15.13	5.77	10.74
	Ga	0.00	0.01	2.24	15.59	8.41
	Se	0.00	0.01	49.00	45.24	56.34
	Cu/(In + Ga)	0.00	0.00	1.94	1.56	1.28
	Ga/(In + Ga)	0.00	0.00	0.13	0.73	0.44
MN3	Cu	0.00	0.00	43.39	39.22	44.98
	In	100.00	99.98	6.75	16.14	17.70
	Ga	0.00	0.01	2.33	14.03	6.21
	Se	0.01	0.01	47.64	30.60	31.11

	Cu/(In + Ga)	0.00	0.00	4.78	1.30	1.88
	Ga/(In + Ga)	0.00	0.00	0.26	0.47	0.26

La Figura 1 muestra los difractogramas obtenidos de cada una de las muestras sin selenizar (método S0), en la Figura 2 se pueden observar los difractogramas de las películas fabricadas utilizando cloros como electrolito, selenizadas utilizando el método S3 y S4 y en la Figura 3 se muestra los difractogramas de las películas utilizando nitratos como electrolito, selenizadas mediante el método S3 y S4. En general todas las películas muestran un pico de difracción en $2\theta = 40$, correspondiente al plano (110) del sustrato de Molibdeno (Mo) con estructura cúbica cuyos parámetros de red son $a = b = c = 3.1472 \text{ \AA}$, de acuerdo con el PDF#42-1120, de igual manera se identifican tres principales planos, para todas las muestras, el plano (112), (220) y (116), los cuales coinciden con la estructura $\text{CuGa}_{0.3}\text{In}_{0.7}\text{Se}_2$ de acuerdo con el PDF#35-1102. Empleando dos diferentes sales metálicas: cloruros y nitratos, de las muestras selenizadas con diferentes métodos de selenización y sin selenizar se obtiene ambas fases estructurales. Cuando las películas CIGS se sometieron al proceso de selenización, independientemente del método utilizado, se mejoró la cristalinidad de estas.

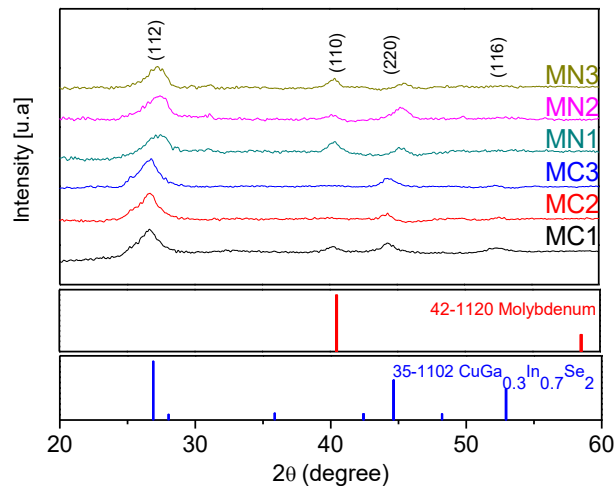


Figura 1. Difractogramas obtenidos de cada una de las muestras de las películas CIGS sin selenizar (método S0).

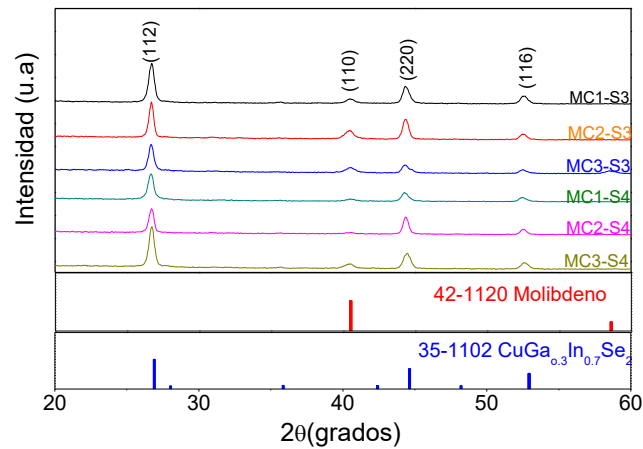


Figura 2. Difractogramas de las películas fabricadas utilizando cloros como electrolito, selenizadas utilizando el método S3 y S4.

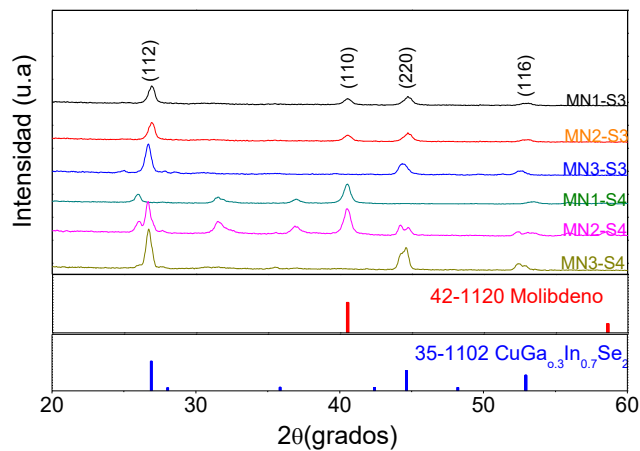


Figura 3. Difractogramas de las películas fabricadas utilizando nitratos como electrolito, selenizadas utilizando el método S3 y S4.

La morfología de las películas de CIGS elaboradas por la técnica de co-electrodeposición, utilizando dos tipos de sales metálicas, cloruros y nitratos utilizando la misma amplificación (50KX) para todas las muestras. Se observa en general el crecimiento de una estructura del tipo coliflor para todas las películas. Por ejemplo, la muestra MC1-S0 (sin selenizar) de la Figura 4, elaborada a un voltaje de 1 V (vs. SCE) y empleando sales de cloruros, muestra una morfología muy segregada con granos pequeños, mientras que el resto de las muestras de la Figura 4, muestran una morfología mejor definida en cuanto al tamaño de los aglomerados, con granos de tamaño mayor reduciendo los huecos entre ellos.

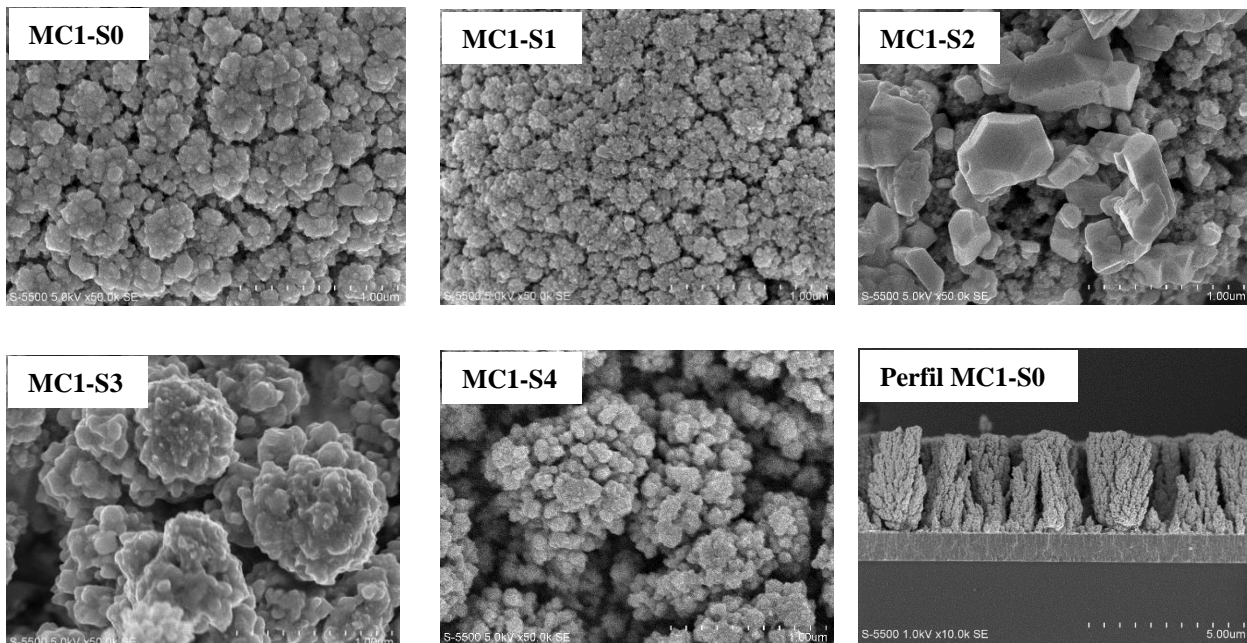


Figura 4. Imágenes morfológicas de las películas CIGS fabricadas, utilizando cloros como electrolito y voltaje de -1.0V, sin selenizar (S0) y selenizadas utilizando el método S1, S2, S3 y S4.

Conclusiones.

Las películas CIGS que fueron fabricadas usando baño de cloruros y selenizadas por cualquier método, presentan un valor similar a la relación ideal de $Ga/(In+Ga)$ de 0.3 y de $[Cu]/[In+Ga]$ de 0.93. Las películas de CIGS selenizadas y sin selenizar, empleando dos diferentes sales metálicas, se obtienen la misma estequiometría de las fases estructurales, de acuerdo con los difractogramas obtenidos la principal fase identificada corresponde a $CuGa_{0.3}In_{0.7}Se_2$ con los principales planos de difracción (112), (220) y (116). El crecimiento de las películas CIGS es del tipo coliflor para todas las muestras. Se buscó un método de selenización para las películas CIGS que mantuviera su composición, fuera más cristalina y con mayor tamaño de grano con respecto a la película sin selenizar.

Agradecimientos.

Este trabajo fue apoyado a través del proyecto PAPIIT-IN111320. Arelis Ledesma-Juárez agradece a CONACyT por la beca posdoctoral. También agradecemos a María Luisa Ramón García por las mediciones XRD, Rogelio Morán Elvira por las mediciones SEM y José Campos Álvarez por su asistencia en el análisis EDS.

Referencias

- Bhattacharya, R. N. (1983). Solution growth and electrodeposited CuInSe₂ thin films. *Journal of the Electrochemical Society*, 130(10), 2040.
- Desarada, S. V. (2022). CuInGaSe₂ (CIGS) thin film on flexible Mo substrates from non-aqueous one-step electrodeposition process. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 33(1), 203-216.
- Farooq, L. A. (2019). A review on the Electrodeposition of CIGS Thin-Film Solar Cells. *In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Riyadh, Saudi Arabia*, 26-28.
- Lincot, D. G. (1994). Tailoring the electronic properties of one step electrodeposited CuInSe/sub 2/films by annealing in Se vapor under controlled activity conditions. Elaboration of efficient CIS/ZnO solar cells. *Proceedings of 1994 IEEE 1st World Conference on Photovoltaic Energy Conversion-WCPEC (A Joint Conference of PVSC, PVSEC and PSEC)*, 1, 136-139.
- Saha, S. J. (2020). Electrodeposition fabrication of chalcogenide thin films for photovoltaic applications. *Electrochem*, 1(3), 286-321.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COPOLÍMEROS PS-block-PMMA POR ULTRASONIDO

G. Cedillo-Valverde^{1,2}, R. Salgado-Delgado¹, A. M. Salgado-Delgado¹ y S. López-Morales².

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, , Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - gcedillo@materiales.unam.mx, renesalgado@hotmail.com, amsd_2303@hotmail.com

²Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, Ciudad de México – slm@iim.unam.mx

Área de participación: MATERIALES POLIMÉRICOS (IQ)

Resumen: Como una alternativa al reciclaje de algunos materiales poliméricos y con el fin de producir materiales funcionales de alto valor agregado, se sintetizaron copolímeros en bloque (CPB) a partir de poliestireno (PS) y polimetilmetacrilato (PMMA), mediante ondas ultrasónicas (US) en solución. Se monitoreo el rendimiento de reacción frente a variables como concentración, relación de alimentación PS/PMMA, frecuencia ultrasónica, solventes, peso molecular y tiempos de reacción. El rendimiento de nuestro sistema es bajo en general (alrededor del 10%), sin embargo, es posible observar comportamientos de interés, dependiendo de la influencia de las variables utilizadas. La mejor concentración para llevar a cabo las reacciones fue de 50 mg/ml, la relación de homopolímeros alimentados que reportó mayor rendimiento fue de 20/80 (PS/PMMA), el rendimiento se ve afectado por la frecuencia elegida y el solvente utilizado. Un alto peso molecular de uno de los polímeros reduce el rendimiento, mientras que un bajo peso molecular produce el máximo rendimiento, el tiempo de reacción de una hora es suficiente para lograr altos rendimientos. Para las relaciones de homopolímero en las que se obtuvo el mayor rendimiento se decidió seguir la cinética de la reacción. ¹H-NMR y DOSY-NMR fueron las principales herramientas para mostrar la composición del copolímero y comprobar que solo hay una especie polimérica. La incorporación de PS en el CPB depende de las diferentes variables.

Introducción.

La inserción de materiales poliméricos en el contexto de la “economía circular” es de suma importancia hoy en día, minimizar la cantidad de desperdicios plásticos en el medio ambiente (Vázquez-Morillas, 2018), con el fin de producir materiales funcionales de alto valor agregado y sobre todo, hacerlo mediante una de las herramientas de la “química verde” (Lupacchini, 2017); el ultrasonido, nos permite profundizar en los aspectos tecnológicos y científicos de este sistema de polimerización.

Partimos del empleo de dos polímeros ampliamente conocidos y abundantes, como son el poliestireno (PS) y el polimetilmetacrilato (PMMA), para la síntesis de copolímeros de bloque (CPB). El empleo de ondas ultrasónicas sobre ambos polímeros en solución, a diferentes condiciones de concentración, relación PS/PMMA, frecuencia ultrasónica, solventes (cloroformo y tolueno), peso molecular (M) y tiempos de reacción y diferentes frecuencias, provocará la escisión molecular con generación de radicales libres y la consiguiente formación de CPB (Caruso, y otros, 2009).

Así podremos saber el papel que juegan las variables de reacción y se sentarán las bases para copolimerizar otros homopolímeros, esto con el fin de diseñar materiales poliméricos con la funcionalidad deseada.

Fundamento Teórico.

Al someter una solución polimérica a ultrasonido se produce el fenómeno de cavitación, esto es la formación de burbujas que, al implosionar, generan presiones de hasta de 1000 atmosferas y temperaturas del orden de los 5500°C en una fracción de segundo, lo cual genera las condiciones suficientes para generar radicales libres en cadenas poliméricas. De esta manera es posible degradar polímeros o formar copolímeros de bloque (CPB) si es que se trabaja con dos polímeros (Suslick K. S., 1999; Akbulatov, 2017; Suslick K. S., 1990).

Diferentes variables están involucradas en este fenómeno, como por ejemplo la frecuencia ultrasónica y su intensidad, los solventes involucrados y los gases disueltos, además de la temperatura y presión del sistema (Tabata, Miyazawa, Kobayashi, & Sohma, 1980; Price, 1993).

Los CPB son polímeros que contienen segmentos alternados de diferentes composiciones (bloques), siendo cada uno de estos bloques unidades de una especie de monómero. Con los CPB se pueden modular propiedades físicas y químicas de sus respectivos homopolímeros, además de que son capaces de formar diferentes fases ordenadas a escala nanométrica, entre ellas esferas, cilindros, giroides y lamelas dependiendo de la fracción volumen (f_A) de cada polímero (Gug Yang, 2022; Allen, y otros, 1956).

Todo ello es de importancia científica y tecnológica, ya que con ellos es posible producir desde semiconductores por medio de fotolitografía (Sing, 2014), hasta nanocatalizadores, sensores, dispositivos ópticos y de energía, membranas y modificación de superficies entre otras.

Sección Experimental.

Para la síntesis de PS-block-PMMA, las reacciones fueron hechas en solución, se utilizaron equipos comerciales de diferentes frecuencias, un baño ultrasónico de 42kHz (Cole Parmer, 8893), un humidificador ultrasónico 800kHz (Sunshine, Elehum 008) y un nebulizador ultrasónico de 1.7MHz (Yuehua WH-802). Primeramente, se evaluó la concentración, las concentraciones utilizadas fueron de 25 mg/ml, 50 mg/ml y 150 mg/ml, inicialmente un tiempo de una hora fue el seleccionado y posteriormente se constató mediante una cinética de reacción al cabo de dos horas que una hora es suficiente para alcanzar el máximo rendimiento. Las relaciones PS/PMMA que fueron exploradas fueron: 20/80, 40/60, 50/50, 60/40 y 80/20.

Se dispuso de PS de bajo y alto peso molecular (PS_{BM} y PS_{AM}), así como de PMMA de bajo y mediano peso molecular ($PMMA_{BM}$ y $PMMA_{MM}$), para verificar la influencia del mismo. El M de los polímeros fue de $PS_{BM} = 103,675$ Da (IP = 2.476), $PS_{AM} = 1,337,033$ Da (IP = 2.417), $PMMA_{BM} = 52,048$ Da (IP = 1.79) y $PMMA_{MM} = 94,808$ Da (IP = 1.889).

Los solventes empleados para las reacciones fueron cloroformo y tolueno. El PS fue retirado con acetona y el PMMA con una mezcla 50/50 de alcohol isopropílico /metil etil cetona. Todos los experimentos se realizaron en viales de 4ml y se usaron volúmenes de 2 ml y mediante gravimetría, fue evaluada la relación alimentación-rendimiento de las reacciones, una vez retirado el PS.



Figura 4. Ruta seguida para síntesis de CPBs PS-block-PMMA

Resultados y Discusión

En un inicio se determinó la concentración y el tiempo adecuados para hacer los CPB, tres concentraciones fueron evaluadas y posteriormente se realizó una cinética a dos horas para encontrar el mejor tiempo de reacción (Figura 5).

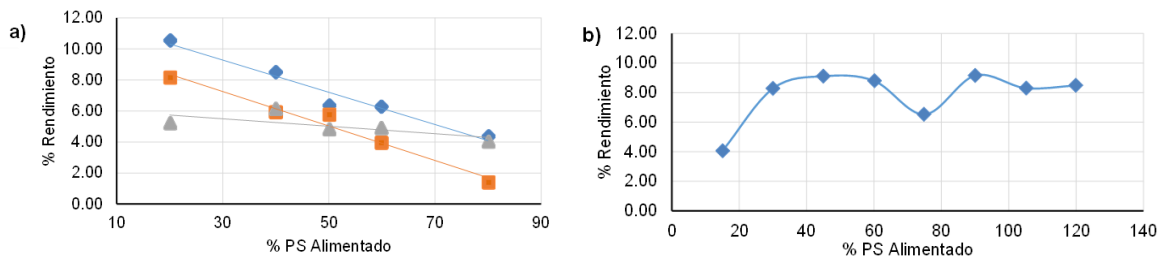


Figura 5. **a)** Influencia de las diferentes concentraciones en el rendimiento: gris (Δ); 25mg/ml, azul (ϕ); 50mg/ml, naranja (\square); 150mg/ml. **b)** Cinética en $CHCl_3$ a 1.7MHz, a una concentración de 50mg/ml y proporción $PS_{BM}/PMMA_{MM}$ de 20/80, la cual fue la de mayor rendimiento.

Con las mejores condiciones para concentración y tiempo (50mg/ml y una hora), a 1.7 MHz en CHCl₃ se procedió a explorar relación PS_{BM}/PMMA_{MM} desde 20/80 hasta 80/20 a las frecuencias de 800 KHz y 42 KHz y también a observar la influencia del solvente.

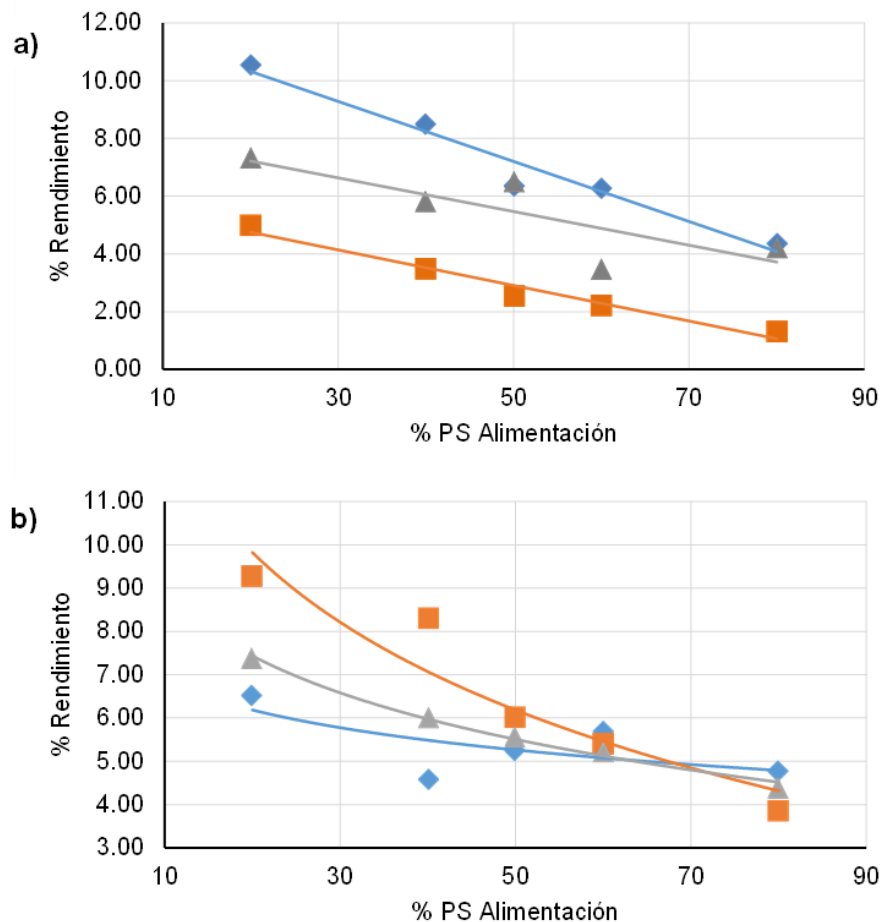


Figura 6. Influencia de la frecuencia para las diferentes proporciones de PS_{BM}/PMMA_{MM} en cloroformo **a)** y en tolueno **b)**, a la concentración de 50 mg/ml y una hora: azul (♦); 1.7 MHz, gris (Δ); 800 kHz y naranja (□); 42 KHz.

Un comportamiento similar se observó al trabajar con las mezclas $PS_{BM}/PMMA_{BM}$ (

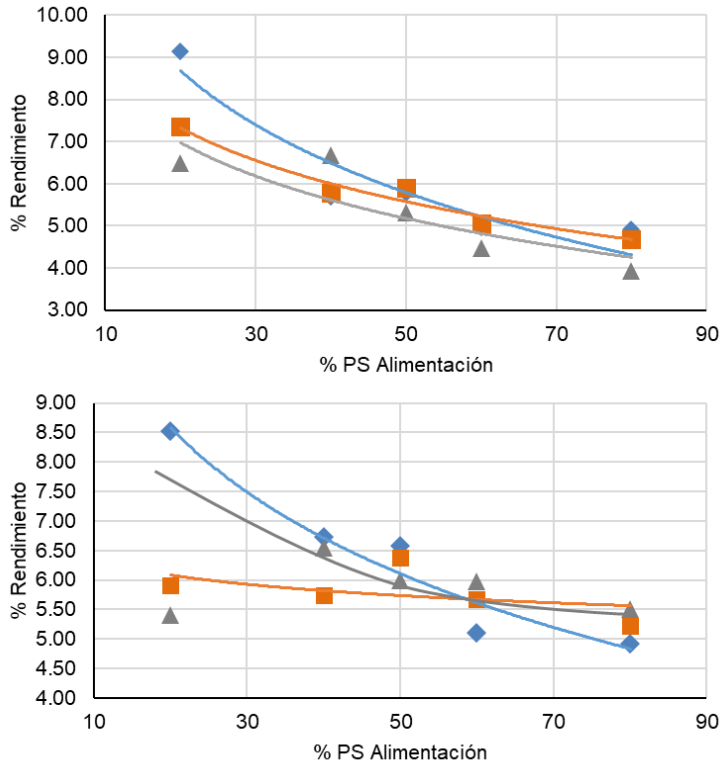


Figura 7), y $PS_{AM}/PMMA_{MM}$ (Figura 8) en cloroformo y tolueno las composiciones con mayor PMMA son las que producen más rendimiento y este decae conforme aumenta la cantidad de PS.

a)

b)

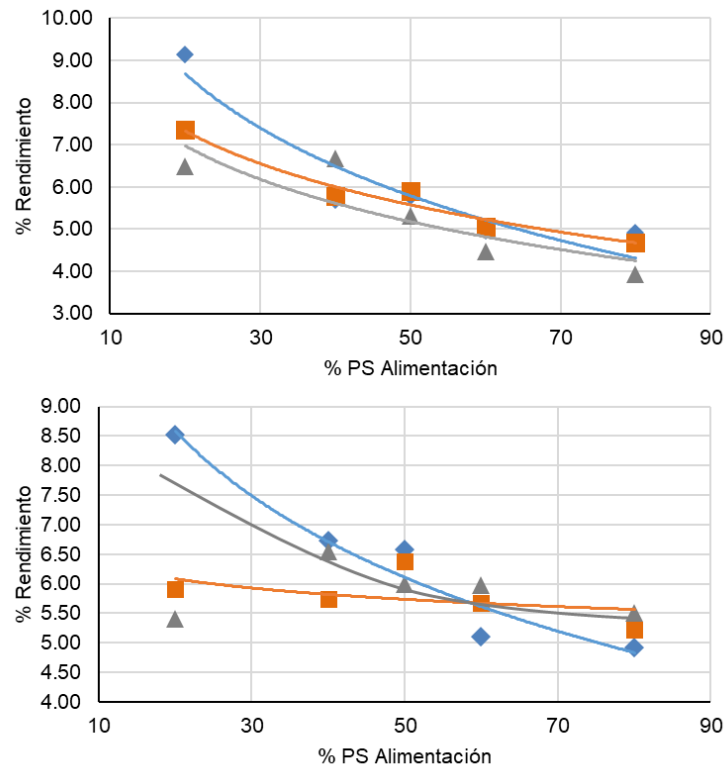


Figura 7. Influencia de la frecuencia para las diferentes proporciones de $PS_{BM}/PMMA_{BM}$ en cloroformo **a)** y en tolueno **b)**, a la concentración de 50 mg/ml y una hora: azul (\diamond); 1.7 MHz, gris (Δ); 800 kHz y naranja (\square); 42 KHz.

Es importante notar que en el caso de la Figura 7, la influencia de la frecuencia y del solvente no es como en el resto de los casos, es decir no se invierte el comportamiento de mayor rendimiento a la frecuencia de 42 kHz en tolueno, el rendimiento es igual que en el caso de 1.7 MHz con cloroformo. Posiblemente, en este caso sea determinante la influencia del peso molecular ya que en ambos casos tenemos PS_{BM} y $PMMA_{BM}$.

En el caso del uso de $PS_{AM}/PMMA_{MM}$ el comportamiento es similar al caso de $PS_{BM}/PMMA_{MM}$ en los cuales el rendimiento se invierte dependiendo de la frecuencia y del solvente empleado; cloroformo es bueno para alta frecuencia (1.7 MHz) en cambio tolueno es mejor para baja frecuencia (42 kHz).

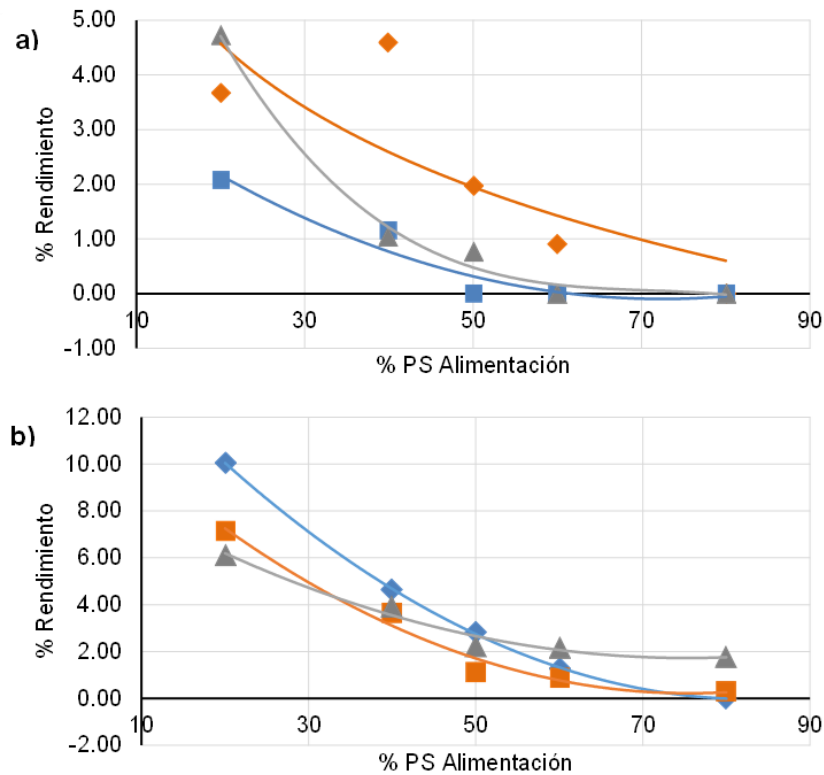


Figura 8. Influencia de la frecuencia para las diferentes proporciones de $PS_{AM}/PMMA_{MM}$ en cloroformo **a)** y en tolueno **b)**, a la concentración de 50 mg/ml y una hora: azul (\diamond); 1.7 MHz, gris (Δ); 800 kHz y naranja (\square); 42 KHz.

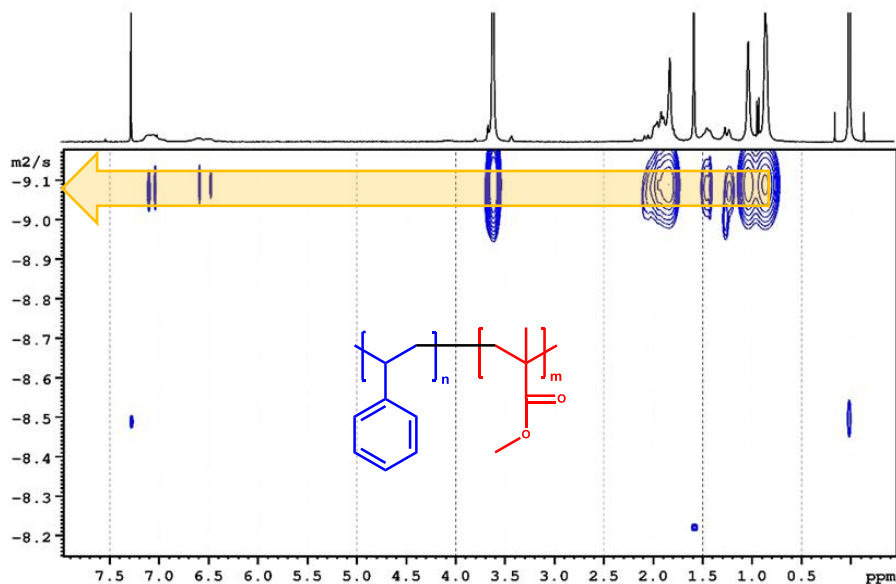


Figura 9. Espectro DOSY-NMR de CPB-28 en $CDCl_3$, concentración 50 mg/ml, $t = 60$ min, proporción $PS_{BM}/PMMA_{MM} = 20/80$, frecuencia de 42 kHz, sintetizado en cloroformo, rendimiento 4.99% (Jerschow & Muller, 1998; Jayawickrama, Larive, & Mccord, 1998).

Tabla 2. Composición real de los CPB-28 (@50mg/ml, 1h, 42kHz, CHCl₃) y CPB-23 (@50mg/ml, 1h, 1.7MHz, Tolueno), determinadas por medio de ¹H-RMN.

	PS _{BM} [%]	PMMA _{MM} [%]
Prop. de alimentación	20	80
CPB-28 NMR	9.58	90.47
CPB-23 NMR	4.90	95.10

Tabla 3. Constantes de difusión y pesos moleculares obtenidos por DOSY-RMN y HPLC-SEC respectivamente, de los polímeros de partida y de algunos CPBs (Li, Chung, Daeffler, Johnson, & Grubbs, 2012; Zick, 2019).

	<i>D</i> [m ² /s]	<i>M_n</i> [Da](SEC)	PDI
PS_{BM}	1.36E-10	103,675	2.47
PS_{AM}	7.74E-11	1,337,033	2.41
PMMA_{MM}	1.45E-10	94,808	1.88
PMMA_{BM}	1.52E-10	52,048	1.79
BCP-94	9.21E-11	86,487	1.54
BCP-10	1.51E-10	-	-
PS-94	9.15E-11	-	-

Conclusiones.

La mejor concentración para obtener el máximo rendimiento de reacción fue la de 50 mg/ml, así mismo, la relación PS/PMMA de 20/80 es la que da mejor rendimiento independientemente del peso molecular. La cinética muestra que en estas condiciones a la hora se alcanza el mayor rendimiento, sin embargo, alrededor de los 75 minutos hay un punto en el que el rendimiento baja y posteriormente vuelve incrementar, ello sucede con ambos solventes. Es importante señalar que el cloroformo generalmente da un buen rendimiento a alta frecuencia (1.7 kHz), mientras que el tolueno da un mejor rendimiento a baja frecuencia (42 kHz). La excepción ocurre con la combinación PS_{BM}/PMMA_{BM}, en ambos solventes se observa similar comportamiento.

Mediante ¹H-NMR fue posible determinar el porcentaje de PS/PMMA en dos CPBs, se observó baja incorporación de PS en los BCP que, en la alimentación, el tolueno integra menos cantidad de PS que CHCl₃ en el CPB, sin embargo, aún hace falta analizar más CPBs para tener una conclusión más sólida. Fue posible confirmar la existencia de CPB por RMN-DOSY y se determinó la *D* de homopolímeros y CPBs, contrastándose con el *M_n* obtenido por HPLC-SEC.

Agradecimientos.

Los autores agradecemos el apoyo técnico de M. A. Canseco Martínez, C. González Sánchez, O. A. Pompa García, F. Silvar Gómez, A. K. Bobadilla Valencia y O. L. Jiménez Álvarez.

Referencias

- Akbulatov, S. &. (2017). Experimental Polymer Mechanochemistry and its Interpretational Frameworks. *Chem. Phys. Chem.*, 1422-1450.
- Allen, B. E., Downer, J. M., Hastings, G. W., Melville, P. W., Molyneux, P., & Urwin, J. R. (1956). New Methods of Preparing Block Copolymers. *Nature*, 910-912.
- Caruso, M. M., Davis, D. A., Shen, Q., Odom, S. A., Sottos, N. R., White, S. R., & Moore, J. S. (2009). Mechanically-Induced Chemical Changes in Polymeric Materials. *Chem. Rev.*, 5755-5798.
- Gug Yang, H. J. (2022). Block Copolymer Nanopatterning for Nonsemiconductor Device Applications. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 12011-12037.
- Jayawickrama, D. A., Larive, C. K., & Mccord, E. F. (1998). Polymer additives mixture analysis using pulsed-field gradient NMR spectroscopy. *Magn. Reson. Chem.*, 755-760.
- Jerschow, A., & Muller, N. (1998). Diffusion-Separated Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy of Polymer Mixtures. *Macromolecules*, 6573-6578.
- Li, w., Chung, H., Daeffler, C., Johnson, J. A., & Grubbs, R. H. (2012). Application of 1H DOSY for Facile Measurement of Polymer Molecular Weights. *Macromolecules*, 9595-9603.
- Lupacchini, M. M. (2017). Sonochemistry in non-conventional, green solvents or solvent-free reactions. *Tetrahedron*, 609-653.
- Price, G. J. (1993). Ultrasonic degradation of polymersolutions: 2. The effect of temperature, ultrasound intensity and dissolved gases on polystyrene in toluene. *Polymer*, 4111-4117.
- Sing, C. E. (2014). Electrostatic control of block copolymer morphology. *Nature Materials*, 694-698.
- Suslick, K. S. (1990). Sonochemistry. *Science*, 1439-1445.
- Suslick, K. S. (1999). Applications of ultrasound to materials chemistry. *Annual Review of Materials Science*, 295-326.
- Tabata, M., Miyazawa, T., Kobayashi, O., & Sohma, J. (1980). Direct evidence of mainchain scissions induced by ultrasonic irradiation of benzene solutions of polymers. *Chemical Physics Letters*, 178-180.
- Vázquez-Morillas, A. S.-N.-V.-P.-P.-V.-Z. (2018). *Degradación y Biodegradación de Plásticos*. Ciudad de México: Asociación Nacional de la Industria Química A. C.
- Zick, K. (2019). *Polymer Weight Distribution measured by PGSE NMR*. Germany: Bruker BioSpin GmbH.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DEGRADACIÓN DE MEZCLAS DE CONTAMINANTES EMERGENTES UTILIZANDO UNA PEROXIGENASA FÚNGICA

V. F. Tufiño-Cortez¹, C. D. Arrieta-González¹, M. Ayala-Aceves²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, , Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro 62780 Zacatepec Morelos, México- L19090080@zacatepec.tecnm.mx, Cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx ²Instituto de Biotecnología IBT (UNAM) Avenida Universidad No.2001, Chamilpa, 62210 Cuernavaca, Morelos, México- marcela.ayala@ibt.unam.mx

Área de participación: BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)

Resumen: Los contaminantes emergentes han ido cobrando importancia debido a los efectos ya descubiertos y reportados, las afectaciones son graves incluso han causado la muerte para algunos animales. Por esta razón la biotecnología ha tomado estos contaminantes como un objeto de estudio con la finalidad de encontrar un método que ayude con su remoción o eliminación en los cuerpos de agua. Como parte de esta investigación se sugiere explorara la capacidad de enzimas inespecificas, como UPO (*unspecific peroxygenase*, por sus siglas en inglés) que son enzimas capaces de catalizar reacciones que involucren a más de un sustrato, una de las UPOs más estudiadas es la peroxigenasa fúngica del hongo *Agrocybe aegerita*; una variante de esta enzima, la PaDa-I obtenida por evolución dirigida en la levadura *S. cerevisiae* con la finalidad de aumentar su expresión, es el modo utilizado en este trabajo.

En el presente trabajo se desarrolló la propuesta de un método probado por cromatografía de alta resolución (HPLC) para analizar la oxidación de una mezcla de fármacos como son sulfanilamida, sulfametoxazol y diclofenaco sódico utilizando PaDa-I como catalizador, obteniendo una disminución es sus áreas del 96, 47 y 60% respectivamente.

Introducción

El agua constituye en un 80% (Pulido, 2021) a los organismos vivos y un 70% de la superficie del planeta (Serrato, 2013), las propiedades que la confieren hacen de ella el elemento natural más importante de la Tierra, la vida de los seres vivos depende de la disposición de esta misma.

Si bien se ha dicho que el agua es un recurso renovable gracias a la existencia del ciclo hidrológico, este se ha visto gravemente afectado por la alteración de sus etapas a causa del impacto de las actividades humanas que se realizan a diario, en un inicio se creía que nada podría alterar o causar un daño permanente a este elemento, sin embargo, conforme han transcurrido los años se han realizado investigaciones que comprueban que haber pasado por alto los efectos ambientales ha sido un grave error. Por esta razón se han creado asociaciones que ayuden a transmitir la importancia del cuidado del agua, así como los gobiernos han creado organismos públicos encargados de generar leyes y normas con el propósito de regular el tratamiento de aguas.

En México, el panorama del vital líquido vislumbra un panorama tal que: 12 millones de personas carecen de acceso al agua potable, 102 de los 653 acuíferos de la nación se encuentran sobre explotados, 46% del vital líquido se pierde por fugas en

las redes de abastecimiento y el 80% de los cuerpos de agua del país presenta algún tipo de contaminación por descargas industriales (López et al., 2017).

Se han localizado, identificado y estudiado muchos contaminantes del agua, pero a pesar de esto hace poco se localizó y denominó una nueva clase llamada contaminantes emergentes. Estos son producto de la irresponsabilidad humana por el uso incorrecto e irracional de productos tales como, fármacos, fertilizantes y muchos productos utilizados en la vida cotidiana mejor conocidos como productos de cuidado personal.

En la búsqueda por la remoción de estos mismos se ha comprobado que las técnicas ya establecidas e implementadas para la remediación del agua no son eficientes, por lo que la biotecnología ha salido a la búsqueda de nuevas técnicas. Dentro de la biotecnología se encuentra la biorremediación, la cual busca remover o eliminar contaminantes a partir de un microorganismo como hongos, bacterias, levaduras, plantas o enzimas. Estas últimas han sido de gran importancia en los últimos años, en especial a partir de que se descubre a las enzimas inespecíficas o también denominadas UPO por sus siglas en inglés, esta clase de enzimas tiene la fascinante ventaja de ser afín a más de un sustrato lo cual abre todo un campo de investigación para ayudar con la degradación de los contaminantes emergentes presentes en el agua.

Fundamento Teórico.

¿Qué son los contaminantes emergentes?

Se denomina así a las sustancias de diverso origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente es en concentraciones bajas y con poca incidencia sobre las regulaciones de los contaminantes, son producto de la irresponsabilidad y el uso irracional de productos tales como fármacos, productos de cuidado personal, agroquímicos, etc.

Características generales de la UPO (unspecific peroxygenase)

La primera peroxigenasa natural que se describió con la capacidad de realizar oxifuncionalizaciones selectivas de una amplia variedad de compuestos tanto alifáticos como aromáticos fue descubierta en el hongo *Agrocybe aegerita* (*AaeUPO*) y fue finalmente denominada *peroxigenasa inespecífica* en el año 2011 (Espejea, 2016).

Esta enzima tiene la ventaja de poder oxidar una amplia gama de sustratos, el mecanismo consta de transferir electrones de sustratos orgánicos al oxígeno molecular siendo así por reacciones de oxido-reducción utilizando al peróxido de hidrógeno como cosustrato aceptador de electrones.

Mutante evolucionada PaDa-I

La *Agrocybe aegerita Inespecifica Peroxigenasa* o mejor conocida como *AaeUPO* fue denominada PaDa-I después de ser sometida a evolución dirigida con la

finalidad de mejorar su expresión funcional heteróloga y su actividad en la levadura *Saccharomyces cerevisiae* utilizando el gen que codifica *UPO1* de *Agrocybe aegerita*. Tras cinco ciclos de evolución dirigida fue creada PaDa-I (Espejea, 2016). Como resultado de la mutación se obtuvo una mejora de la actividad total de 3250 veces sin alteración en la estabilidad de la proteína.

Sección Experimental

Selección de la mezcla de fármacos y método establecido

La selección de los fármacos para la mezcla se dio a partir de una investigación previa en donde se probaron 15 de los fármacos más recetados y más detectados en aguas, PaDa-I derivada de la peroxigenasa AaeUPO tiene la capacidad de oxidar 8 de los 15 fármacos seleccionados. Es factible el uso de PaDa-I para degradar fármacos que presenten estructura aromática poco compleja. (Santos, 2022).

Tomando en cuenta los resultados previos y las características de cada uno de los ocho fármacos que resultaron ser sustrato, se tomó la decisión de realizar una mezcla de tres compuestos, entre ellos diclofenaco sódico, sulfanilamida y sulfametoxazol con un peso molecular y longitud de onda de 296.148, 253.279, 172.2g/mol y 280, 260 y 265nm respectivamente. La longitud de onda fue una de las características imprescindibles para que esta resultara una mezcla adecuada para ser inyectada en el HPLC, una vez considerado esto se estableció una absorbancia de 280nm para la ejecución del método.

De acuerdo con los tiempos de retención y métodos ya reportados por la Ing. Liliana Santos en 2022 para los componentes individuales se realizó un método con gradiente utilizando las siguientes condiciones iniciales de las fases %agua-%acetonitrilo, 0min 80/20; 6min 80/20; 11min 20/80; 14min 20/80; 15min 80/20; 20min 80/20, utilizando una temperatura de 30°C y una presión de 70bar.

Preparación de las muestras

La muestra control se preparó utilizando un amortiguador de citratos fosfatos pH 7 60mM, acetonitrilo en un 20%, solución de peróxido de hidrógeno 2mM y la mezcla de fármacos en una concentración de 200µM, para el caso de la reacción se adicionaron 4U/mL de la enzima PaDa-I. Cada una preparada para 1mL.

Cromatografía líquida de alta resolución

Una vez preparado el control se inyectaron 20µL en el HPLC, terminada la corrida se anotaron las áreas y los tiempos de retención para cada uno de los compuestos. A continuación, se inyectó la reacción en un volumen de 20µL, terminada la corrida se adicionaron 4U/mL más de enzima, este procedimiento se repitió durante seis adiciones más, es decir se agregó un total de 24U/mL.

Este experimento fue repetido durante tres ocasiones con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos, así como observar el rango de error entre cada uno. Al finalizar se analizaron las áreas obtenidas en cada repetición reiterando que en cada

adición el área fuera igual o similar, de esta manera se logró obtener la caída de áreas en porcentaje de cada uno de los fármacos a lo largo de las seis adiciones.

Resultados y Discusión.

La tabla 1 fue realizada en Excel a través de la recolección de datos obtenidos en los cromatogramas, en esta se observa la caída de las áreas conforme a cada adición de enzima realizada, por último, se indica el porcentaje de reducción para cada fármaco, así mismo en la figura 1 se muestra gráficamente como hubo disminuciones considerables de las áreas.

Tabla 1. Reducción de áreas y porcentajes

t(min)	Área Sulfanilamida	Área sulfametoxazol	Área diclofenaco	Porcentaje de reducción sulfanilamida	Porcentaje de reducción sulfametoxazol	Porcentaje de reducción diclofenaco
0	6527.6	10029.8	5604	0	0	0
20	3919.6	9408.2	5106	40	6	9
40	1834	8436	4383	72	16	22
60	997	7384.4	3681.8	85	26	34
80	522.6	6279.6	2960.3	92	37	47
100	348.1	5490.2	2505.6	95	45	55
120	178	5273	2230	96	47	60

Degradación con 4U

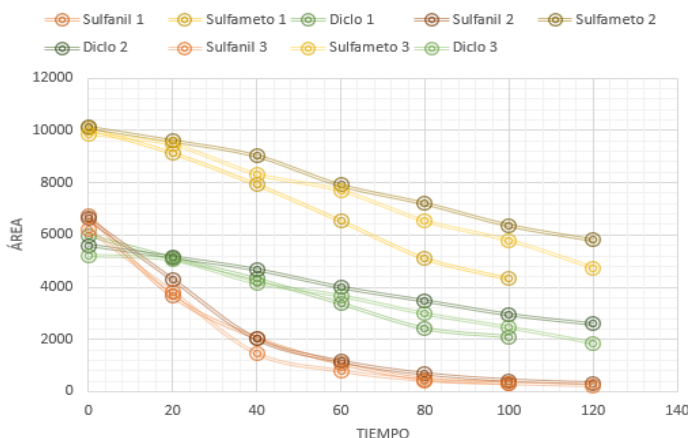


Figura 1. Caída de las áreas de los fármacos

La comparación entre la tabla 2 y 3 permite apreciar como las áreas de los fármacos no disminuyen el mismo porcentaje estando de manera individual y en mezcla.

También se observa que la cantidad de enzima utilizada no es la misma, es probable que la reacción en mezcla requiera de más unidades debido a que más de un sustrato está compitiendo por el sitio activo.

Tabla 2. Porcentaje de reducción de las áreas respecto a las unidades adicionadas

Compuesto	Porcentaje de reducción (área bajo la curva HPLC)	Actividad volumétrica (U/mL)
Sulfanilamida	96	4
Sulfametoxazol	47	4
Diclofenaco	60	4

Tabla 3. Resultados de la tesis de la Ing. Liliana S. 2022

Compuesto	Porcentaje de reducción (área bajo la curva HPLC)	Actividad volumétrica (U/mL)
Sulfanilamida	84.7	0.7
Sulfametoxazol	72.5	4.2
Diclofenaco	47.8	4.2

Conclusiones.

Con base en los resultados obtenidos y comparados con estudios previos se puede concluir que la peroxigenasa fúngica variante PaDa-I es eficiente para la degradación de la mezcla de fármacos seleccionados, en este caso se requirieron 6 adiciones de 4U/mL para obtener una reducción considerable de las áreas. A pesar de que la enzima si degradó la mezcla es necesario realizar este experimento en concentraciones cercanas a las que se encuentran en los ecosistemas acuáticos para determinar si es un método realmente eficiente.

Agradecimientos.

Se extiende un agradecimiento al Instituto de Biotecnología, por permitir el uso de sus instalaciones para la elaboración de este proyecto y al Instituto Tecnológico de Zacatepec por el asesoramiento académico.

Referencias

- Díaz, M. J. (2019). Evolución dirigida de la peroxigenasa inespecífica de *Agrocybe aegerita*: Tolerancia a disolventes orgánicos mediante deriva genética neutral y evolución adaptativa. (Tesis de licenciatura). Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, Madrid.
- Espeja, P. (2016). *Diseño de la peroxigenasa inespecífica de agrocybe aegerita mediante evolución dirigida: expresión funcional en levaduras y síntesis de 1-naftol.* (Tesis de doctorado). Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, Madrid.

- López, C. A., Zambrano, L., Ruiz O. R., Guzmán, M. A., Pérez, E., Sandoval, y R., Caldera, A. (2017). *El agua en México- Actores sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica*. México: © Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Pulido, T. G. (2021). *Importancia del agua para el buen funcionamiento de nuestro organismo*. Secretaría de Salud de México.
- Serrato, D. A., Comejo R. y Amilpa C. (2013). *La biodiversidad y evolución en ambientes acuáticos analizadas con herramientas moleculares*. *Hidrobiológica* 23 (3): 275-286.
- Santos, L. (2022). *Degradación de fármacos por una peroxigenasa fúngica*. (Tesis de Licenciatura). Instituto de Biotecnología UNAM.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SELECCIÓN DE SISTEMA DE SEGUIMIENTO PARA UN CONCENTRADOR CILÍNDRICO PARABÓLICO

E. Pineda Ramírez¹, Y. R. Galindo Luna².

¹Licenciatura en ingeniería en energía, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, San Rafael Atilxco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340, Ciudad de México, México- cbi2132017640@izt.uam.mx, ²Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, San Rafael Atilxco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340, Ciudad de México, México- ygalindol@izt.uam.mx.

Área de participación: *TECNOLOGÍA AMBIENTAL (IQ)*

Resumen: La energía solar térmica consiste principalmente en aprovechar la energía que genera el Sol hacia un medio que sea portador de calor, que generalmente suele ser agua o aire en estos casos. Esta energía es aprovechada en los Concentradores Cilíndrico Parabólicos (CCP). Los principales componentes de un concentrador solar de cilindro parabólico son: La estructura metálica para dar rigidez al conjunto, el reflector cilindro-parabólico, el tubo absorbedor, el fluido de trabajo y el sistema de seguimiento. Este último dispositivo, es de gran importancia para redirigir el CCP, ya que al tener una posición perpendicular a los rayos del sol. En este artículo, se presenta la metodología para la selección de un sistema de seguimiento solar para un CCP, así como, un valor aproximado de costo este dispositivo.

Introducción

La energía solar térmica consiste principalmente en aprovechar la energía que genera el Sol hacia un medio que sea portador de calor, que generalmente suele ser agua o aire en estos casos. Esta energía es aprovechada en los Concentradores Cilíndrico Parabólicos (CCP) que son otro tipo de captador solar térmico. Este tipo de captador solar se utiliza en instalaciones de energía solar térmica y utilizan cilindros parabólicos para concentrar toda la radiación solar en una línea (Miruna, 2021).

Los principales componentes de un concentrador solar de cilindro parabólico son:

- La estructura metálica para dar rigidez al conjunto: consta de una base metálica para poder sostener al CCP y que tenga movilidad para redirigirlo (Galindo, 2022).
- El reflector cilindro-parabólico: La función del receptor cilindro parabólico es concentrar la radiación solar sobre el tubo absorbente. Para ello se construye con materiales reflejantes (Galindo, 2022).
- El tubo absorbedor: El tubo absorbedor consta de un tubo de vidrio. El interior, por el que circula el fluido que se calienta, es metálico y el exterior de cristal (Galindo, 2022).
- El fluido de trabajo que circula por el tubo interior es diferente ya sea agua, aceite térmico, mezclas o monofluidos (Galindo, 2022).

- El sistema de seguimiento del Sol: El sistema de seguimiento más común consiste en un dispositivo que orienta al cilindro-parabólicos del colector alrededor de un eje (Galindo, 2022).

Este último dispositivo, es de gran importancia para redirigir el CCP, ya que, al tener una posición perpendicular a los rayos del sol, se obtiene una mayor concentración solar, lo cual aumenta la eficiencia térmica de este.

Sistema de seguimiento solar

Un seguidor solar es un dispositivo mecánico capaz de buscar la posición del Sol en cualquier momento del día, siguiendo al Sol (Hernández, 2019)

Está conformado básicamente por una parte fija y una móvil, la cual cuenta con una superficie de captación, que debe permanecer perpendicular a los rayos del Sol durante el día y dentro de su rango de movimiento, cuya finalidad es el redirigir el CCP para captar la mayor radiación solar (Hernández, 2019).

Existen distintos tipos de seguimientos solares, de los cuales se clasifican de la siguiente manera. Véase la figura 1.

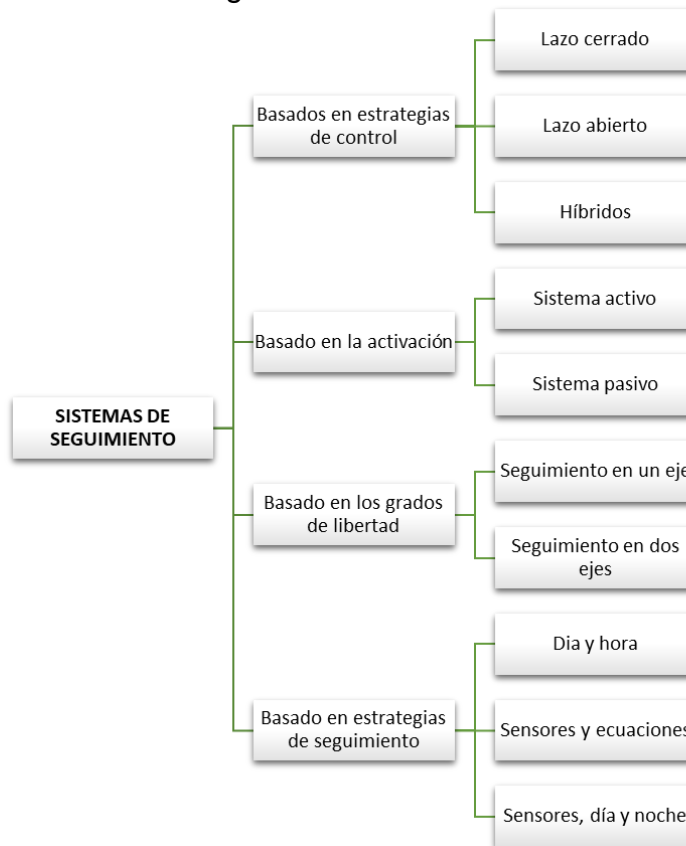


Figura 1. Clasificación de sistemas de seguimiento solar (Galindo, 2022)

En este artículo, se presenta la metodología para la selección de un sistema de seguimiento solar para un CCP, la mayoría de sistemas de seguimiento son adecuados para celdas fotovoltaicas, en este documento se describe el sistema de

seguimiento que se adapta a las necesidades y condiciones de operación un CCP, así como, un valor aproximado de costo este dispositivo.

Sección Experimental

- *Descripción del sistema*

Para lograr la mayor recolección de rayos solares durante el día para el CCP, es necesario que este sea orientado continuamente a los rayos del sol; para realizar esta tarea es necesario implementar un sistema de seguimiento solar, que es un dispositivo mecánico. En este último dispositivo se basa el interés de este trabajo, ya que se requiere mejorar la captación de la energía solar en un CCP implementado en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Iztapalapa. Ubicado en el edificio AT, en la Ciudad de México, CDMX, con coordenadas 19.36022483612873, -99.07362677428974. El concentrador posee las siguientes especificaciones:

Tabla 1: Parámetros del CCP

Características del CCP	Valor
Largo	2.44 m
Ancho	1.22 m
Diámetro interior	0.0219 m
Diámetro exterior	0.0254 m
Peso	90 kg

- *Metodología de selección*

Requerimientos que debe cumplir

La elección del sistema de seguimiento debe privilegiar las siguientes características:

1. Sistema de lazo cerrado (debido a que es necesaria la retroalimentación dentro del circuito).
2. Sistema de seguimiento económico (de fácil acceso comercial, para reemplazamiento de piezas o ajuste).
3. Movimiento en un eje (movimiento mínimo necesario para seguir la trayectoria aparente del sol).
4. Práctico (bajo peso, instalación sencilla y compacta).
5. Funcional (acoplamiento al CCP sin modificaciones en su geometría).

Resultados y Discusión

Después de realizar la búsqueda de los sistemas de seguimiento comerciales, se decidió seleccionar el siguiente:

- *Sistema de seguimiento*

Actuador lineal (motor)

Tabla 2: Parámetros del actuador lineal

CARACTERÍSTICAS DEL ACTUADOR LINEAL	VALOR
Peso	1.35 kg
Voltaje de accionamiento del motor de corriente continua	12 V D
Máximo empuje/tracción	750 N
Velocidad sin carga	10 mm/s
Relación de velocidad y empuje	5 mm/s (kg) -50 (50 kg)
Temperatura ambiente	-26 °C a 50 °C

En la Figura 2, se observa el actuador lineal, el cual realiza el proceso de orientación del sistema de seguimiento, al elevar o disminuir la altura del área del colector.



Figura 2. Actuador lineal

Sensor de luz

En la Figura 3 se muestra el sensor, el cual su función principal es detectar la luz solar para encontrar la posición enviando una señal al controlador y redirigir el motor.



Figura 3. Sensor de luz

Controlador de seguimiento Solar

Controlador en un solo eje WST03-5, la función principal es controlar el Eje único (eje único oblicuo), véase figura 4.

La figura 5 muestra los componentes del circuito del controlador enumerados, para tener una mejor comprensión de las conexiones del motor y el sensor



Figura 4. Controlador

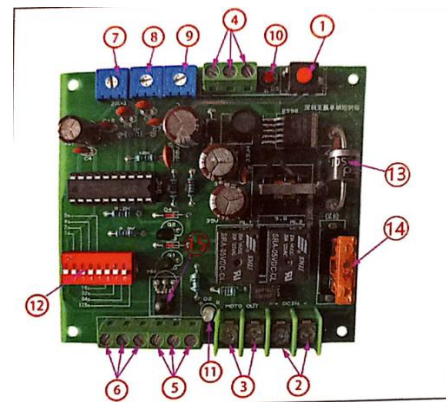


Figura 5. Circuito del Controlador

Tabla 3. Componentes del circuito del controlador

1	Interruptor de alimentación
2	Puerto de alimentación
3	Puerto de salida del motor
4	Puerto del sensor de luz
5	Puerto del sensor de velocidad
6	Puerto limite
7	Perrilla para ajustar el valor umbral del viento
8	Perilla del sensor de luz (ajuste de umbral del sensor)
9	Perilla de intervalo de tiempo
10	Luz indicadora de estado
11	Luz indicadora de salida de motor
12	Interruptor DIP
13	Diodo de conexión
14	Fusible

Con las especificaciones mencionadas en la sección de metodología de selección, se eligió un sistema de seguimiento para un CCP con un sistema de lazo cerrado, de un solo eje, práctico, económico y adaptable.

El sistema de seguimiento seleccionado consta de un sensor de luz, un actuador lineal (motor) y un controlador que recibe las señales del sensor de luz y emite otra señal para que el actuador se eleve y redirija el CCP.

En la figura 6, se observa el sistema de seguimiento instalado en el CCP.

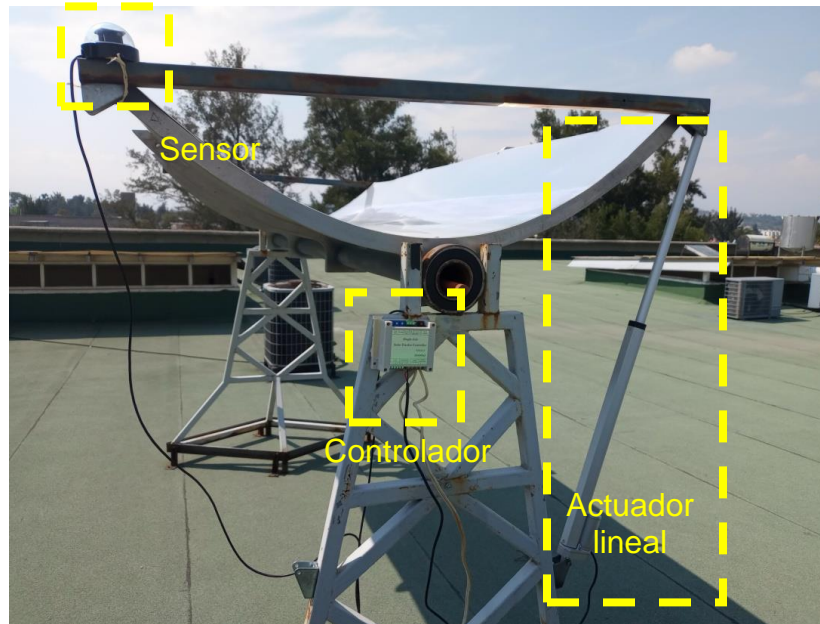


Figura 6. Sistema de seguimiento en el CCP

Dado que el sistema de seguimiento adecuado para adaptar al CCP es comercial, se realizó una tabla de costos de los componentes y materiales que se utilizaron con un precio monetario. Véase tabla 4.

Tabla 4. Costo de los componentes para el seguimiento solar del CCP.

EQUIPO	COSTO
Sistema de seguimiento (Incluye controlador, sensor y actuador lineal)	\$ 3,840.00
Clavija	\$ 10.00
Cable	\$ 50.00
Regulador de voltaje	\$ 631.00
TOTAL	\$ 4,531.00

Una de las especificaciones importantes de este dispositivo es que sea económico, para corroborar esto, se realizó una comparación de precios de otros dispositivos comerciales. Obsérvese tabla 5.

Tabla 5. Costo de sistemas de seguimiento comerciales.

EQUIPO COMERCIAL	COSTO (PESOS)
Rastreador solar de doble eje para panel fotovoltaico (no es apto para CCP)	\$ 17,261.00
Kit completo de seguimiento de panel fotovoltaico de doble eje (no es apto para CCP)	\$ 4,993.00
Kit de control y accionamiento de rastreador de panel fotovoltaico de doble eje (no es apto para CCP)	\$ 57,838.50

Conclusiones.

- En la actualidad, existen muchos mecanismos comerciales para maximizar el aprovechamiento de la radiación solar, para otras tecnologías, sin embargo estos tipos de mecanismos pueden ser adaptados para redirigir un CCP. Para cumplir con las necesidades y requerimientos de este trabajo, se presenta una metodología para la selección de este sistema y se describe.
- En conclusión, este sistema de seguimiento cumple con los requerimientos, ya que es muy ligero, económico, fácil de adaptar, de lazo cerrado es decir, tiene una retroalimentación y por último cumple la función de redirigir el CCP (maximiza el aprovechamiento de la radiación solar).

Agradecimientos.

Agradezco a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, por facilitar sus instalaciones.

Referencias

- Miruna, H. (07 de agosto del 2021). ¿Qué es y cómo funciona la energía solar?. <https://www.otovo.es/blog/energia/que-es-la-energia-solar/>
- Galindo Luna, Y. R. (2022). Trabajo de clase de concentración solar. Unidad 3: evaluación de concentradores solares.
- Hernández Muñoz, J. D. (2019). Sistema de Seguimiento Solar y Caracterización Térmica de un Concentrador Cilíndrico Parabólico Didáctico.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

PRODUCCIÓN Y PESO MOLECULAR DEL POLI-3-HIDROXIBUTIRADO (P3HB) SINTETIZADO POR LA CEPA *phbP3+* DE *Azotobacter vinelandii* BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE TRANSFERENCIA DE OXÍGENO

R. E. Quiroz-Cardoso^{1,2}, F. J. Hernández-Campos¹, T. Castillo-Marengo², C. F. Peña-Malacara²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- rosa.quiroz@ibt.unam.mx
francisco.hc@zacatepec.tecnm.mx

²Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Biotecnología, Avenida Universidad 2001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México- tania.castillo@ibt.unam.mx
carlos.pena@ibt.unam.mx,

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ- IBQ)

Resumen: El poli-3-hidroxitirato (P3HB) es un polímero que presenta propiedades físicas y termomecánicas dependientes del peso molecular; así mismo es biodegradable y altamente biocompatible con células mamíferas. En este estudio, se evaluó el efecto de la velocidad de transferencia de oxígeno (VTO) sobre la producción y el peso molecular del P3HB sintetizado por la cepa mutante *phbP3+* de *Azotobacter vinelandii*. Los resultados muestran que, en ambas condiciones evaluadas, los cultivos de la cepa mutante *phbP3+* produjeron 60% más de P3HB que los cultivos de la cepa control OP, siendo la producción de 7.09 ± 0.29 y 6.91 ± 0.7 g L⁻¹ de polímero en condiciones de baja y alta transferencia de oxígeno, respectivamente. Con la mutante *phbP3+*, a las 72 h de cultivo, se obtuvo P3HB de pesos moleculares en un rango de 5,000 a 6,000 kDa con los cultivos en baja y alta transferencia de oxígeno, demostrando el potencial de la cepa *phbP3+* como sobreproductora de P3HB de alto peso molecular.

Introducción.

El poli-3-hidroxitirato (P3HB) es un biopolímero que presenta propiedades físicas y termomecánicas comparables con las de plásticos petroquímicos. Las propiedades fisicoquímicas y termomecánicas como la elasticidad, resistencia mecánica y el grado de cristalización son dependientes del peso molecular.¹ Al ser altamente biocompatible con células mamíferas se ha propuesto su uso en el área médica y farmacéutica, en donde su composición química y grado de pureza son de gran importancia pues determinan la aplicación final del biopolímero. Hasta el momento, se ha usado como material de sutura, vendajes, nano o microdispositivos para la liberación de fármacos, andamios para tejidos óseos y válvulas cardíacas.^{1,2} Alrededor de 300 especies bacterianas producen P3HB como reserva de carbono y energía, destacando *Cupriavidus necator*, *Azohydromonas lata*, *Pseudomonas putida*, *Bacillus spp.*, *E. coli* recombinante y *Azotobacter vinelandii*, por su capacidad de acumular grandes cantidades de polímero. *A. vinelandii* es una bacteria Gram negativa que habita en suelos y aguas continentales, con características metabólicas de interés como la habilidad de sintetizar dos biopolímeros con aplicación comercial: alginato y P3HB. (Peña y col. 2014, Díaz y col. 2015).

Con la mejora genética se busca aumentar la producción del biopolímero en *A. vinelandii*, a través de la generación de cepas mutantes y, además, conocer a detalle el metabolismo de síntesis de P3HB. Recientemente, el descubrimiento de

algunas proteínas asociadas al gránulo (GAPs) llamadas phasinas ha tomado relevancia debido a que en algunos microorganismos como *R. eutropha*, se ha demostrado que desempeñan funciones metabólicas como reguladoras de PHB sintetas y PHB depolimerasas. Con la construcción de la mutante *phbP3+* se evalúa el papel de las phasinas en el metabolismo del P3HB (Ruíz, 2020 y Ruíz, 2023).

Por otro lado, la síntesis de P3HB es inducida en muchos microorganismos por la limitación de nutrientes; para el género *Azotobacter* la limitación de oxígeno es la vía más eficiente para la producción del polímero. A través de la manipulación de los parámetros operacionales de cultivo, se logra el control de la cantidad de nutriente disponible y la velocidad de transferencia de oxígeno (VTO). Se ha reportado que una mayor disponibilidad de oxígeno ($VTO \geq 5 \text{ mmol O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$) favorece el crecimiento celular; mientras que, una baja disponibilidad de oxígeno ($VTO \leq 3 \text{ mmol O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$) induce una mayor acumulación de P3HB (Díaz-Barrera y col 2015, García y col, 2014 y Millán y col, 2016).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Microorganismo, medio de cultivo e inóculos

Las cepas OP y *phbP3+* de *Azotobacter vinelandii* utilizadas en este estudio fueron criopreservadas a -73°C con una solución de glicerol al 80% y cultivadas en cajas Petri con medio PYS, suplementadas con ácido nalidíxico (OP) y kanamicina (*phbP3+*). Posteriormente, los inóculos se generaron en matraces Erlenmeyer de 500 mL con 100 mL de medio líquido PYS a los que se transfirieron asadas de células previamente cultivadas en cajas Petri incubadas a 29°C durante 48 h. El inóculo alcanzó una densidad óptica de 0.16 (medida a 540 nm con un factor de dilución 1:50) correspondiendo a 0.08-0.1 g L^{-1} de biomasa en peso seco después de un periodo de incubación de 18 h a 200 rpm y 29°C .

Sistemas de cultivo en matraces agitados

Los cultivos se desarrollaron en matraces de 250 mL usando dos volúmenes de llenado: 50 mL, para una alta transferencia de oxígeno y 100 mL para la condición de baja transferencia de oxígeno.

Medición de la velocidad de transferencia de oxígeno (VTO)

La actividad respiratoria de las cepas *phbP3+* y OP se midió mediante el uso del sistema de monitoreo de actividad respiratoria (RAMOS) bajo condiciones estériles, en donde se suministró un flujo de aire de 10 mL min^{-1} a cada matraz y la actividad respiratoria de la bacteria provocó cambios en las presiones parciales de O_2 y CO_2 los cuales son detectados por los sensores galvánicos ubicados en el cuello del matraz (Anderlei, T. & Büchs, J. (2001). Asumiendo un cambio lineal durante la fase de medición, el equipo calculó la VTO a través de la pendiente del cambio en la presión parcial de ambos gases con la ecuación:

$$VTO = \frac{n_{O_2}}{V_{llenado} \cdot t} = \frac{\Delta p_{O_2}}{\Delta t} \cdot \frac{V_g}{R \cdot T \cdot V_{llenado}}$$

Donde n_{O_2} son el número de moles de O_2 , el volumen de llenado de los matraces en L ($V_{llenado}$), el tiempo de cultivo en h (t), Δp_{O_2} es el cambio en la presión parcial de oxígeno (bar), V_g el volumen de gas (L), la constante de los gases R (bar L mol⁻¹ K⁻¹), y finalmente la temperatura, T en K.

Determinaciones analíticas

La concentración de proteína total se determinó con el método de Lowry usando albumina bovina como estándar, la concentración de biomasa se determinó mediante el método gravimétrico de peso seco (Millán y col 2016 y Gómez y col 2020). El consumo de sustrato fue medido mediante el método para la cuantificación de azúcares reductores, con el ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), las muestras fueron previamente hidrolizadas con enzima β -fructofuranosidasa (Gómez y col 2020). El contenido de P3HB se cuantificó mediante la conversión de P3HB a ácido crotónico, usando H_2SO_4 concentrado para su hidrólisis y su subsecuente análisis por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con la columna Aminex HPX-87H (García y col, 2014). Para los pesos moleculares, se realizó una extracción de P3HB dejando en contacto con cloroformo para su posterior determinación con cromatografía de permeación en gel (GPC) usando una columna Shodex K-807L acoplada al sistema HPLC (Gómez y col, 2020 y García y col, 2014)

Resultados y Discusión.

Evolución de la VTO

En la figura 1a se muestra el perfil de velocidad de transferencia de oxígeno de los cultivos desarrollados con un volumen de llenado de 100 mL, de las cepas *phbP3+* y OP, donde los valores de $VTO_{m\acute{a}x}$ alcanzados en la región de limitación de oxígeno (zona "plateu") son de 2.81 ± 0.03 y 2.84 ± 0.02 mmol O_2 L⁻¹ h⁻¹ respectivamente. Después de las 28 h de cultivo, la VTO disminuyó en ambas cepas hasta un valor de 2.46 ± 0.33 mmol O_2 L⁻¹ h⁻¹ (cepa *phbP3+*) y 2.45 ± 0.46 mmol O_2 L⁻¹ h⁻¹ (cepa OP). Este comportamiento puede estar asociado con el agotamiento de un nutriente (diferente a la fuente de carbono) presente en el medio de cultivo, ya que en ese momento aún se encuentran disponibles 10 g L⁻¹ de sacarosa (figura 2c).

En contraste, para los cultivos con 50 mL como volumen de llenado (figura 1b), los valores de $VTO_{m\acute{a}x}$ reportados en la zona plateu son de 6 ± 0.04 mmol O_2 L⁻¹ h⁻¹. Para ambas cepas, después del periodo de limitación de oxígeno, se observa un decremento significativo en los valores de VTO, comportamiento que está ligado al agotamiento de la fuente de carbono (figura 2c, 2f), (Anderlei, T. & Büchs, J. 2001, Gómez y col 2020).

El análisis estadístico (T-student) demostró que no hay diferencias significativas en el comportamiento respirométrico de las cepas *phbP3+* y OP cultivadas en cada condición de transferencia.

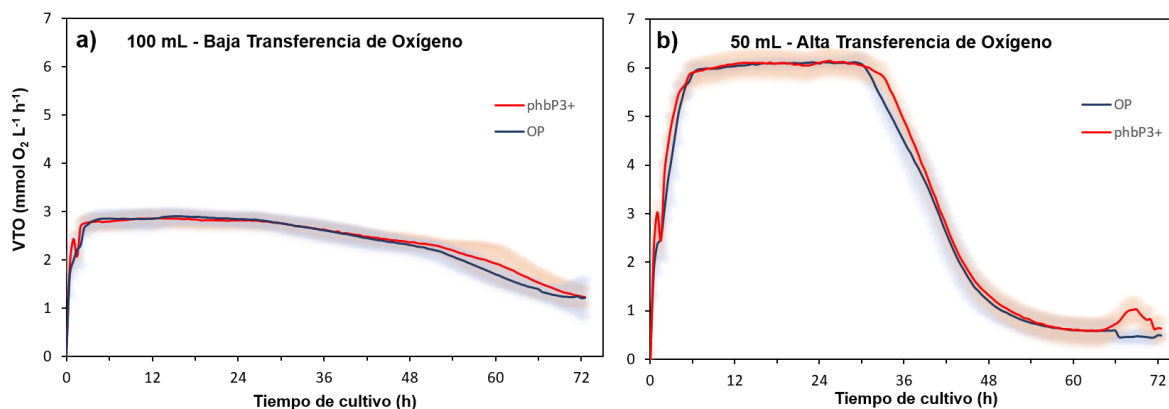


Figura 1. Perfiles de velocidad de transferencia de oxígeno en cultivos con a) 100 mL y b) 50 mL de volumen de llenado. Las líneas representan la media de siete experimentos independientes para cada cepa, mientras que, las zonas sombreadas corresponden a su desviación estándar.

Crecimiento celular y consumo de sustrato

La figura 2, muestra los perfiles de crecimiento en términos de proteína y biomasa total, así como el consumo de sacarosa de las cepas *phbP3+* y OP cultivadas bajo las diferentes condiciones de volumen de llenado en matraces agitados. En los cultivos de la cepa *phbP3+* desarrollados con 100 mL ($VTO_{m\acute{a}x} = 2.81 \pm 0.03$ mmol O₂ L⁻¹ h⁻¹), se alcanzó una concentración máxima de proteína celular de 0.86 g L⁻¹ (μ de 0.08 h⁻¹) (figura 2a). El crecimiento (medido como proteína) de la cepa mutante *phbP3+* mostró un comportamiento atípico después de las 24 h de cultivo. El análisis estadístico demostró que existen diferencias significativas entre las medias de concentración de proteína reportadas, que se reflejó con una caída significativa en el crecimiento medido en biomasa. Por otro lado, en los cultivos con la cepa control OP, desarrollados a una $VTO_{m\acute{a}x} = 2.84 \pm 0.02$ mmol O₂ L⁻¹ h⁻¹, se alcanzó una concentración de proteína máxima de 0.79 ± 0.05 g L⁻¹ (μ de 0.05 h⁻¹). En los cultivos a baja VTO de ambas cepas, la velocidad de consumo de la fuente de carbono fue de 0.23 g L⁻¹ h⁻¹, teniendo al final del cultivo 5.22 ± 1.23 g L⁻¹ (cepa *phbP3+*) y 4.08 ± 0.5 g L⁻¹ (cepa OP) de sacarosa residual.

En contraste, en los cultivos desarrollados una $VTO_{m\acute{a}x} \approx 6 \pm 0.04$ mmol O₂ L⁻¹ h⁻¹, el crecimiento de la cepa mutante *phbP3+* se favoreció.⁹ La máxima concentración de proteína celular que se obtuvo en los cultivos con 50 mL de volumen de llenado, corresponde a 1.27 ± 0.06 g L⁻¹ (μ de 0.1 h⁻¹) (figura 2d). Sin embargo, después de las 36 h de cultivo en la misma condición, se observó una disminución significativa en la proteína total (0.63 ± 0.12 g L⁻¹) que se reflejó en la biomasa cuantificada a las 72 h (figura 2e), ya que la concentración disminuyó de 7.97 ± 0.24 g L⁻¹ (36 h) a 6.07 ± 0.38 g L⁻¹ en el tiempo final.

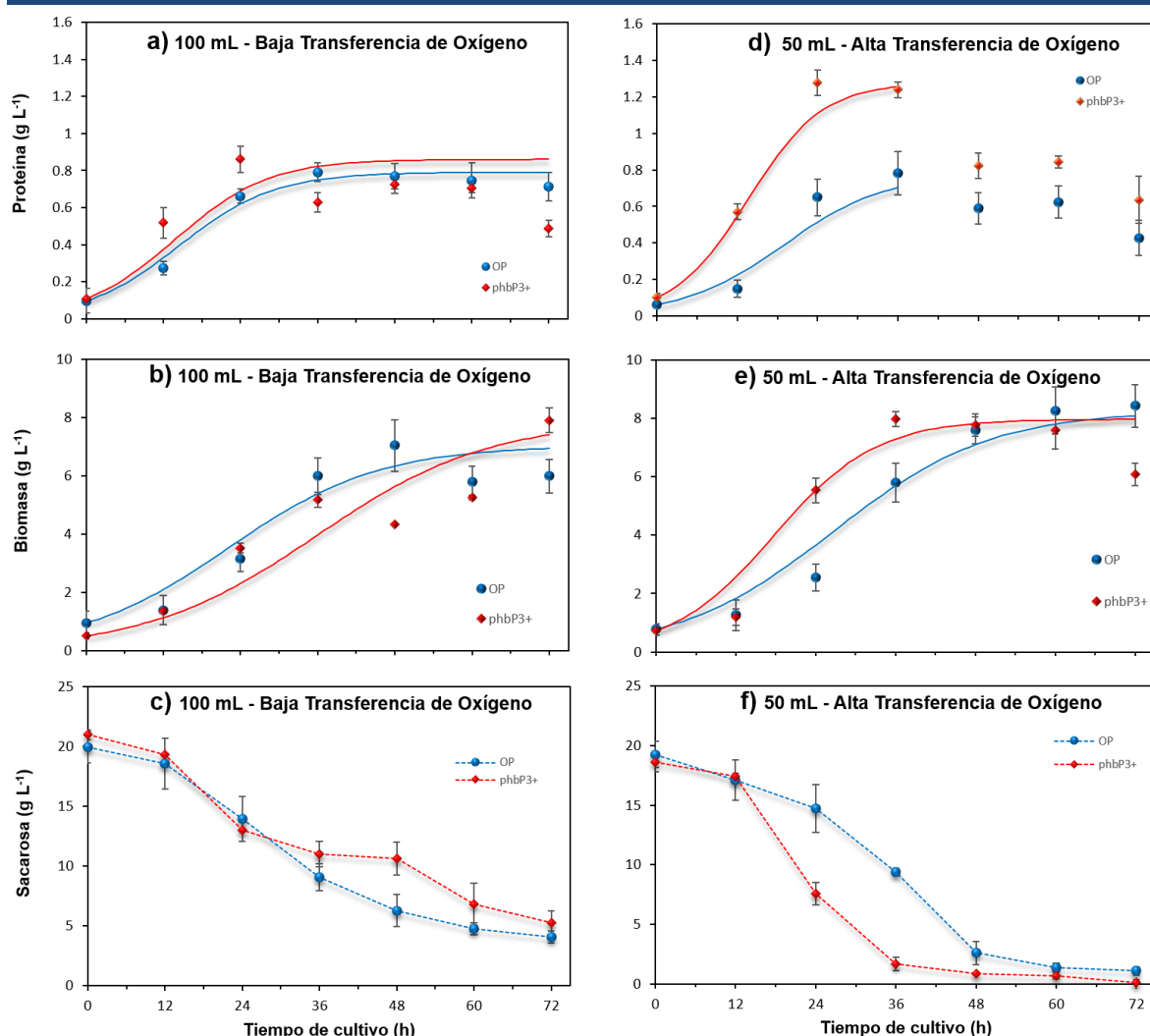


Figura 2. Cinéticas de crecimiento en base a proteína (a,d) y biomasa total (b,e), evolución del consumo de sustrato (c,f) en condiciones de baja y alta transferencia de oxígeno. Los datos presentados corresponden a la media y desviación estándar de dos experimentos independientes. El modelo logístico se utilizó para describir el crecimiento microbiano (representado por las líneas en el panel a, b, d, e).

Tabla 1. Velocidad de crecimiento específico (μ), rendimientos de proteína y biomasa, peso molecular (Mw) de las cepas *phbP3+* y OP cultivadas en diferentes condiciones de transferencia de oxígeno.

	Baja Transferencia de Oxígeno		Alta Transferencia de Oxígeno	
	<i>phbP3+</i>	OP	<i>phbP3+</i>	OP
μ (h^{-1})	0.08±0.00	0.05±0.01	0.10±0.00	0.07±0.00
$Y_{Proteína}^{Sacarosa}$ ($g\ g^{-1}$)	0.05	0.04	0.07	0.05
$Y_{Biomasa}^{Sacarosa}$ ($g\ g^{-1}$)	0.47±0.02	0.37±0.05	0.39±0.02	0.42±0.03
Mw (kDa)	5,384±114	5,721±208	6,065±549	6,273±73

Por otro lado, la cepa OP cultivada en la misma condición mantuvo una tendencia similar, alcanzando una concentración de proteína máxima a las 36 h de cultivo ($0.78 \pm 0.11 \text{ g L}^{-1}$, μ de 0.07 h^{-1}) y finalmente, la concentración disminuyó a un valor de $0.42 \pm 0.09 \text{ g L}^{-1}$, comportamiento que no se observó en el crecimiento medido en base a biomasa, pues este parámetro aumentó durante todo el cultivo.

Los cambios atípicos en el crecimiento de los cultivos (medido en proteína) de ambas cepas desarrollados a una $VTO_{\text{máx}} \approx 6 \pm 0.04 \text{ mmol O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$, están relacionados con el agotamiento de la fuente de carbono (figura 2f) (Anderlei, T. & Büchs, J. 2001, Gómez y col 2020). Como se observa, a las 36 h, la cantidad de sacarosa consumida por la cepa *phbP3+* fue del 91.7% de la concentración inicial, y finalmente a las 72 h se cuantificaron 0.12 g L^{-1} de sacarosa residual. En la cepa control OP, la sacarosa disminuyó notoriamente su concentración hasta las 48 h, cuando se cuantificaron $2.58 \pm 0.98 \text{ g L}^{-1}$. La limitación de la fuente de carbono pudo ocasionar lisis celular en los cultivos. Este fenómeno se corroboró a través de un ensayo de viabilidad en los cultivos de la cepa *phbP3+*, en donde, las UFC mL^{-1} disminuyeron de 1.11×10^7 a 6.2×10^6 a partir de las 36 h.

Producción de P3HB bajo diferentes condiciones de transferencia de oxígeno

La producción (figura 3b) y acumulación (figura 3a) de P3HB de los cultivos desarrollados a una $VTO_{\text{máx}} \approx 2.8 \pm 0.04 \text{ mmol O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ fueron superiores en los cultivos de la cepa *phbP3+* que los obtenidos con los cultivos de la cepa control OP. Para la mutante *phbP3+*, a las 72 h de cultivo, se encontró una concentración máxima de $7.09 \pm 0.29 \text{ g L}^{-1}$ de P3HB, 100% más que lo obtenido con la cepa OP, que alcanzó una producción de $3.52 \pm 0.46 \text{ g L}^{-1}$ de polímero. Por otro lado, en los cultivos de la mutante *phbP3+*, donde la $VTO_{\text{máx}}$ fue de $6 \pm 0.04 \text{ mmol O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$, se alcanzaron concentraciones de polímero máximas de $6.91 \pm 0.7 \text{ g L}^{-1}$ a las 48 h; equivalente al $88.8 \pm 4.5\%$ de la biomasa total reportada. Mientras que, en los cultivos en la misma condición de la cepa OP, se alcanzó una producción máxima de $4.74 \pm 0.45 \text{ g L}^{-1}$ de P3HB.

En estudios previos con cepas de *A. vinelandii*, se reportó que en cultivos donde la VTO es baja, la producción y porcentaje de acumulación de P3HB incrementa. Fenómeno que ocurre como respuesta de un desequilibrio en el flujo de acetil-CoA que entra en el ciclo de ácidos tricarbóxicos (CAT), y los cofactores NADPH y NADP, que inhiben la actividad de algunas enzimas involucradas en el CAT, favoreciendo la ruta de biosíntesis del P3HB (Millán y col 2016, García y col 2018). Este efecto, no es evidente en los cultivos de la cepa mutante *phbP3+*; dado que en ambas condiciones de transferencia de oxígeno, se obtuvieron porcentajes de acumulación superiores al 80% y concentraciones máximas de P3HB por arriba de 5 g L^{-1} , comportamiento que puede asociarse a la sobreexpresión de la phasina *PhbP3*, que se ha propuesto, regula la actividad de la depolimerasa *PhbZ2*. (Ruíz, 2020 y 2023).

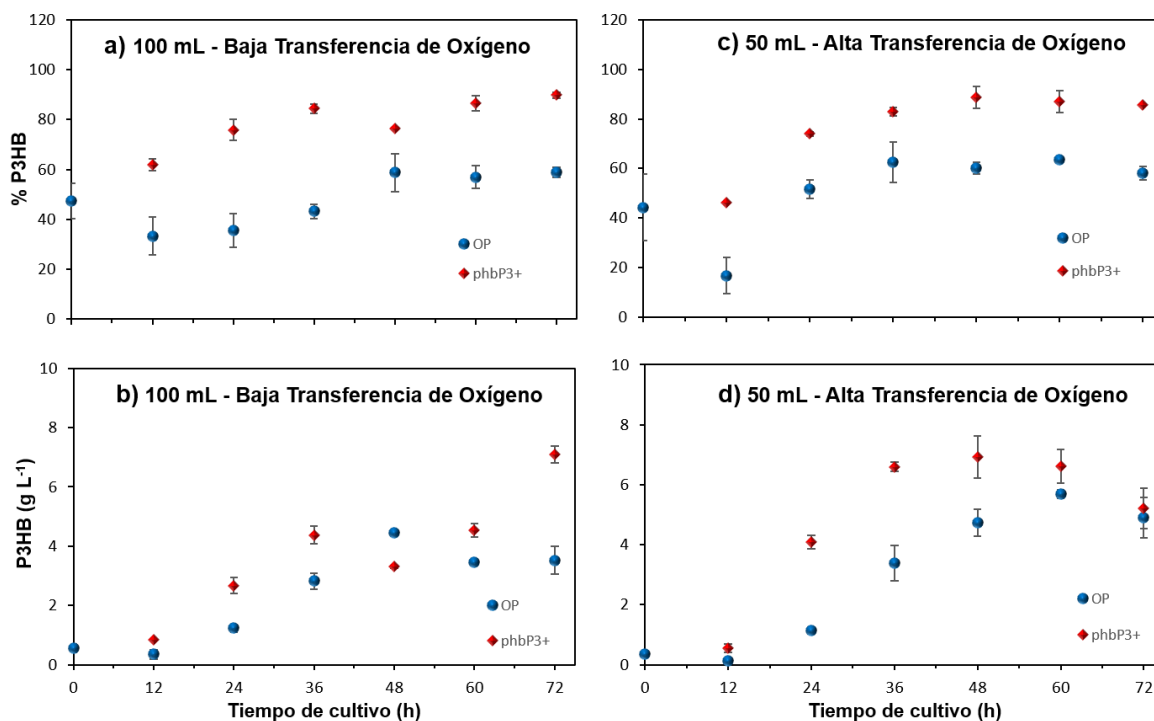


Figura 3. Evolución del porcentaje de acumulación (a,c) y producción (b,d) de P3HB en cultivos desarrollados en baja y alta transferencia de oxígeno. Las determinaciones fueron hechas por duplicado, el promedio y su desviación estándar son representados en las gráficas.

Peso molecular del P3HB

En la tabla 1, se muestran los pesos moleculares obtenidos a las 72 h de cultivo. La cepa *phbP3+* sintetizó biopolímero de alto peso molecular independientemente de la condición de transferencia de oxígeno ($\geq 5,500$ kDa), mientras que un comportamiento similar se observó con la cepa control OP ($\geq 5,000$ kDa). Los pesos moleculares tan altos de los cultivos de la cepa OP, difieren de los reportados previamente, posiblemente debido a que el sistema de cultivo empleado, es diferente (Gómez y col 2020).

Conclusiones.

Independientemente de la condición de cultivo, la cepa *phbP3+*, mostró mejores resultados en crecimiento y producción de P3HB, en comparación con los cultivos de la cepa OP. No obstante, la mutante *phbP3+*, tuvo un mejor desempeño en los cultivos en condición de alta transferencia de oxígeno, en donde se obtuvieron velocidades de crecimiento y producción volumétrica de polímero superiores, a lo alcanzado en los cultivos en baja transferencia de la misma cepa. Este comportamiento, difiere a lo reportado previamente en cepas de *A. vinelandii*. Por otra parte, los pesos moleculares de ambas cepas, incrementaron en los cultivos desarrollados en alta transferencia de oxígeno, superando los 6,000 kDa.

La cepa mutante *phbP3+*, se considera sobreproductora de P3HB de alto peso molecular, obteniendo mejores resultados cuando es cultivada en alta transferencia de oxígeno; ya que alcanza una producción máxima de polímero desde tiempos tempranos de cultivo, siendo esto relevante desde el punto de vista económico.

Agradecimientos.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la Dirección General de Asuntos al Personal Académico (PAPIIT-DGAPA) de la UNAM por el financiamiento del proyecto BG200222. Al laboratorio 10 del Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del IBt por las facilidades otorgadas para el desarrollo experimental del estudio. Los autores agradecen el apoyo técnico de las Dras. Celia Flores y Tania Castillo.

Referencias

- Anderlei, T. & Büchs, J. (2001). Device for sterile online measurement of the oxygen transfer rate in shaking flask. *Biochemical Engineering Journal* 7; 157-162
- Díaz-Barrera, A., Andler, R., Martínez, I., Peña, C. (2015). Poly-3-hydroxybutyrate production by *Azotobacter vinelandii* strains in batch cultures at different oxygen transfer rate. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 91:1063-1071.
- García A, Ferrer P, Albiol J, Castillo T, Segura D, Peña C (2018) Metabolic flux analysis and the NAD(P)H/NAD(P)⁺ ratios in chemostat cultures of *Azotobacter vinelandii*. 17:10
- García, A., Segura, D., Espín, G., Galindo, E., Castillo, T., Peña, C. (2014). High production of poly beta-hydroxybutyrate (PHB) by an *Azotobacter vinelandii* mutant altered in PHB regulation using a fedbatch fermentation process. *Biochem. Eng. J.* 82: 117-123.
- Gómez, E., Salgado, H., Segura, D., García, A., Díaz-Barrera, A., Peña, C. (2020). Production of poly-3-hydroxybutyrate (P3HB) with ultra-high molecular weight (UHMW) by mutant strains of *Azotobacter vinelandii* under microaerophilic conditions. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s12010-020-03384-w>
- Millán, M., Segura, D., Galindo, E. & Peña, C. (2016). Molecular mass of poly-3-hydroxybutyrate (P3HB) produced by *Azotobacter vinelandii* is determined by the ratio of synthesis and degradation under fixed dissolved oxygen tension. *Process biochemistry*, 51(8), 1-16.
- Peña, C., Castillo, T., García, A., Millán, M. & Segura, D. (2014). Biotechnological strategies to improve production of microbial poly-(3-hydroxybutyrate): a review of recent research work. *Microbial technology*, 7(4), 278-293.
- Philip, S., Keshavarz, T., Roy, I. 2007. Polyhydroxyalkanoates: biodegradable polymers with a range of applications. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 82: 223-247.
- Ruíz Escobedo, J. (2020) *Estudio del papel de las proteínas Avin34710 y Avin34720 en el metabolismo del polihidroxibutirato (PHB) en la bacteria Azotobacter vinelandii*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Ruíz Escobedo, J. (2023) *Determinación de la función de las phasinas PhbP2 y PhbP3 en el metabolismo del polihidroxibutirato de Azotobacter vinelandii*. [Tesis de doctorado, datos sin publicar, Universidad Nacional Autónoma de México].

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

SÍNTESIS DE OLEFINAS CON FRAGMENTOS DE FERROCENO Y SUS POSIBLES APLICACIONES EN POLÍMEROS

S. Lizardí-Rivera, C.D. Aguilar-Lugo, C.O. Oliva-Colunga, E. I. Klimova.

Facultad de Química, UNAM. Circuito Escolar S/N, C.U., Alcaldía. Coyoacán, CP: 04510 Ciudad de México, México. sebastianlir7@gmail.com, carla.aguilar.lugo@gmail.com, clauditaolivia@gmail.com, eiklimova@yahoo.com.mx.

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ-IBQ)

Resumen: El Ferroceno es un compuesto organometálico con mayores aplicaciones en diversos campos de la ciencia, los aldehídos y cetonas son compuestos que se asemejan por un grupo carbonilo en su estructura química, siendo estos, compuestos con muchas aplicaciones en diversas áreas de desarrollo. Las olefinas, son compuestos que poseen al menos un enlace doble carbono-carbono y que presentan aplicaciones importantes en la industria petroquímica.

En el presente trabajo se propone una ruta sintética de nuevos compuestos olefínicos (alquenos) con sustituyentes de ferroceno, a partir del uso de la reacción de acoplamiento de McMurry. Se utilizan aldehídos y cetonas con sustituyentes de ferroceno como materia prima.

Introducción.

Ferroceno

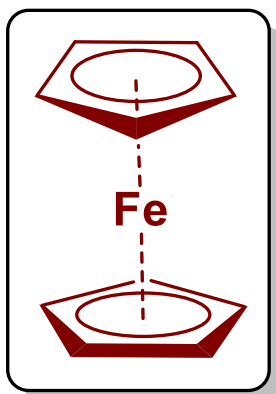


Figura 1. Ferroceno.

El bis(η^5 -ciclopentadienil)-hierro (II), mejor conocido como Ferroceno (**Fc**) es un compuesto estructurado por dos anillos ciclopentadienilos (**Cp**) y un átomo de hierro coordinado. (Figura 1).

A finales de 1951, se publicó en la revista *Nature*, la primera síntesis de Ferroceno por Kealy y Pauson (Kealy et al., 1951), donde se le describió como un compuesto híbrido orgánico con hierro. Un mes más tarde, en 1952 se publicó un artículo en la revista *Journal of Chemical Society* describiendo el mismo compuesto, pero por otra vía de síntesis por Miller, Tebboth y Tremaine (Miller et al., 1952). El ferroceno es muy semejante al benceno por sus propiedades químicas, una de sus características fundamentales es su comportamiento como un sistema aromático, porque al ser rico en electrones favorece la sustitución electrofílica, esto es debido a la aromaticidad proporcionada por sus anillos ciclopentadienilo y gracias a esto, se puede predecir su reactividad (Joo, 2019).

En los últimos años, ha incrementado el número de publicaciones relacionadas con la síntesis, aplicaciones y actividades biológicas de los derivados del ferroceno. Las aplicaciones más destacables están relacionadas con propiedades conductoras (Getty et al., 2005), actividades biológicas (Liu, 2011), química medicinal (Fouda et

al., 2007), anticancerígenos (Ornelas, 2011), polímeros ferrocenílicos (Amer et al., 2010).

Aldehídos y Cetonas.

La característica principal que relaciona a estos compuestos es su grupo funcional $C=O$ (grupo carbonilo) y la diferencia radica en que la cetona (Figura 2a) posee dos grupos alquilo enlazados al grupo carbonilo, mientras que en el del aldehído (Figura 2b), se encuentra enlazado a solamente un grupo carbonilo y un átomo de hidrogeno. El grupo carbonilo es fuertemente polar y la gran mayoría de aldehídos y cetonas se disuelven en agua. (Wade, 2004).

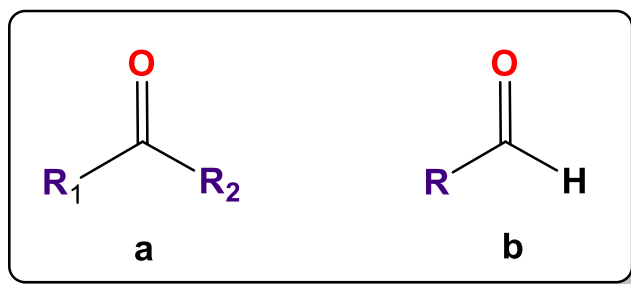


Figura 2. Compuestos con grupo carbonilo: a) Cetona y b) Aldehído.

Los aldehídos y las cetonas no pueden formar enlaces intermoleculares de hidrógeno, porque al carecer de grupos hidroxilo (-OH) sus puntos de ebullición son más bajos que los alcoholes correspondientes. Sin embargo, los aldehídos y las cetonas pueden atraerse entre sí mediante las interacciones polar-polar de sus grupos carbonilo y sus puntos de ebullición son más altos que sus alcanos correspondientes.

Los aldehídos y las cetonas pueden formar enlaces de hidrógeno con las moléculas polares del agua. Los primeros miembros de la serie (formaldehído, acetaldehído y acetona) son solubles en agua. A medida que aumenta la longitud de la cadena del hidrocarburo, la solubilidad en agua decrece. Como era de suponer, todos los aldehídos y cetonas son solubles en solventes no polares (Cornejo, 2017). Los aldehídos y cetonas se comportan como ácidos debido a la presencia del grupo carbonilo, esto hace que presenten reacciones de adición nucleofílica. Una de las diferencias que presentan entre los aldehídos y cetonas es que los aldehídos se oxidan con facilidad frente a oxidantes débiles produciendo ácidos. Mientras que las cetonas sólo se oxidan ante oxidantes muy enérgicos que puedan romper sus cadenas carbonadas.

Los aldehídos ($RCHO$) y las cetonas (R_2CO) son la clase de compuestos que más se encuentran en estado natural. En la naturaleza, muchas de las sustancias que requieren los organismos vivos son los aldehídos o cetonas. son intermediarios en la síntesis de muchos agentes farmacéuticos, en casi todas las rutas biológicas, y en numerosos procesos industriales, por lo que es esencial la comprensión de sus

propiedades y reacciones. En este capítulo veremos algunas de sus reacciones más importantes (McMurry, 2008).

Las aplicaciones más significativas de estos compuestos están en la industria textil, alimenticia, en la perfumería a partir de los aromas naturales de flores y frutas (como el benzaldehído, vainillina, cinamaldehído, alcanfor, etc), fabricación de plásticos y en el caso de la acetona, además de ser usado en la cosmética también se utiliza como disolvente para las reacciones orgánicas

Alquenos (Olefinas).

Son compuestos químicos que contienen por lo menos un doble enlace carbono – carbono (Quiminet, 2012). El término de olefina deriva de la propiedad de estos compuestos para formar líquidos aceitosos en la reacción con halógenos (*oligante de gaz, gas de formación de aceite*), sin embargo, el término olefina está siendo reemplazado por el término alqueno. Pertenecen a un tipo de hidrocarburos insaturados que se podrían definir como alcanos que han perdido un par de átomos de hidrógeno. En lugar de estos átomos de hidrógeno, las olefinas forman un doble enlace entre dos carbonos (Figura 3).

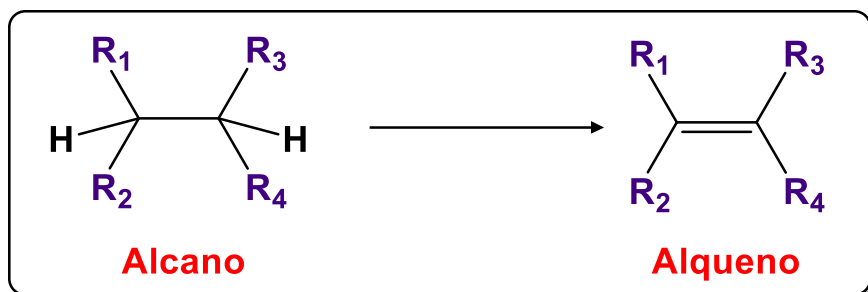


Figura 3. Diferencias entre un alcano y un alqueno.

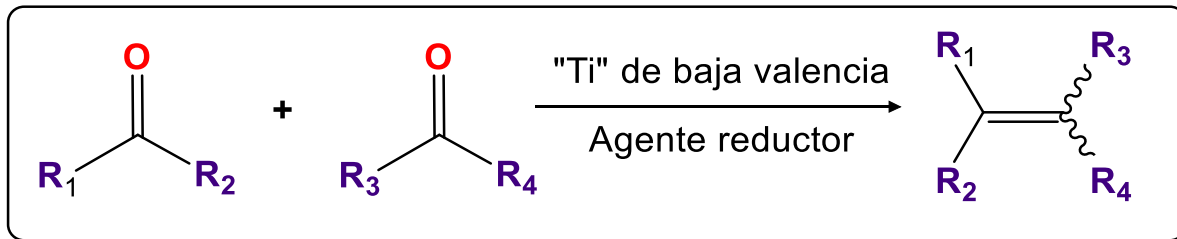
Se encuentran en los procesos industriales más importantes y existen muchos tipos de olefinas, pero las más importantes son el etileno y el propileno (Villanueva, 2013), pero también se encuentran el butadieno, n-buteno e isopreno.

Las olefinas presentan importantes aplicaciones en la industria petroquímica. Las principales cadenas que son apoyadas por la petroquímica son: automotriz, detergentes, cosméticos, calzado, empaques, agricultura, construcción y vestido.

Reacción de Acoplamiento de McMurry

A principios de la década de 1970, los grupos de investigación de T. Mukaiyama, S. Tyrlik y J.E. McMurry descubrieron de forma independiente que el tratamiento de compuestos carbonílicos con titanio de baja valencia conducía a productos acoplados olefínicos (Kürti, et al., 2005). En los años siguientes, McMurry investigó el alcance y las limitaciones del proceso y, en la actualidad, el acoplamiento reductor de compuestos de carbonilo utilizando complejos de titanio de baja valencia para

formar los alquenos correspondientes se conoce como acoplamiento de McMurry. **(Esquema 1)**



Esquema 1. Reacción de acoplamiento de McMurry.

El alqueno se forma con poca estereoselectividad, aunque existe una ligera preferencia por la formación de la configuración (*E*) del alqueno en reacciones intermoleculares (Herrmann W, et al., 2002).

Los reactivos de titanio de baja valencia que se utilizan para esta reacción pueden ser TiCl₃ o TiCl₄. Y los agentes reductores que se pueden utilizar son: Li, Na, Mg, Zn, LiAlH₄, Zn-Cu.

Sección Experimental

En esta sección se describe el procedimiento experimental de algunas de las reacciones que se han llevado a cabo con los compuestos carbonílicos que tienen sustituyentes ferrocénicos con una extensa familia de aldehídos y cetonas. En la siguiente sección se mostrarán los resultados justificados por las técnicas de caracterización correspondientes (RMN ¹H y ¹³C, Infrarrojo).

Un bloque de reacción se conforma por tres materias primas: Ferrocenilcarbaldehído (**I**), Acetilferroceno (**II**) y 2,3-diferrocenilciclopropenona (**III**). Con la cetona de Michler (**IV**). (Esquema 2).

Para este proceso, se agregó de forma equimolar una mezcla de zinc y cobre metálicos (~36 mmol); seguido de esto se adiciona cuidadosamente THF con 70 ml de este disolvente. Una vez en agitación, se agrega lentamente entre 2 y 3 ml (~18 mmol) de TiCl₄ (en cantidad estequiométrica con respecto a los agentes reductores). En este paso, la adición del titanio de baja valencia debe ser cuidadosa, ya que los vapores de este compuesto son tóxicos y si hay contacto con una superficie húmeda, puede ser explosivo y por esta razón, se debe garantizar que el THF debe estar seco. En 30 ml de THF, se disuelven los reactivos y lentamente se agrega esta mezcla homogénea al matraz de la reacción, el cual se dejará a reflujo aproximadamente de 8 a 12 horas.

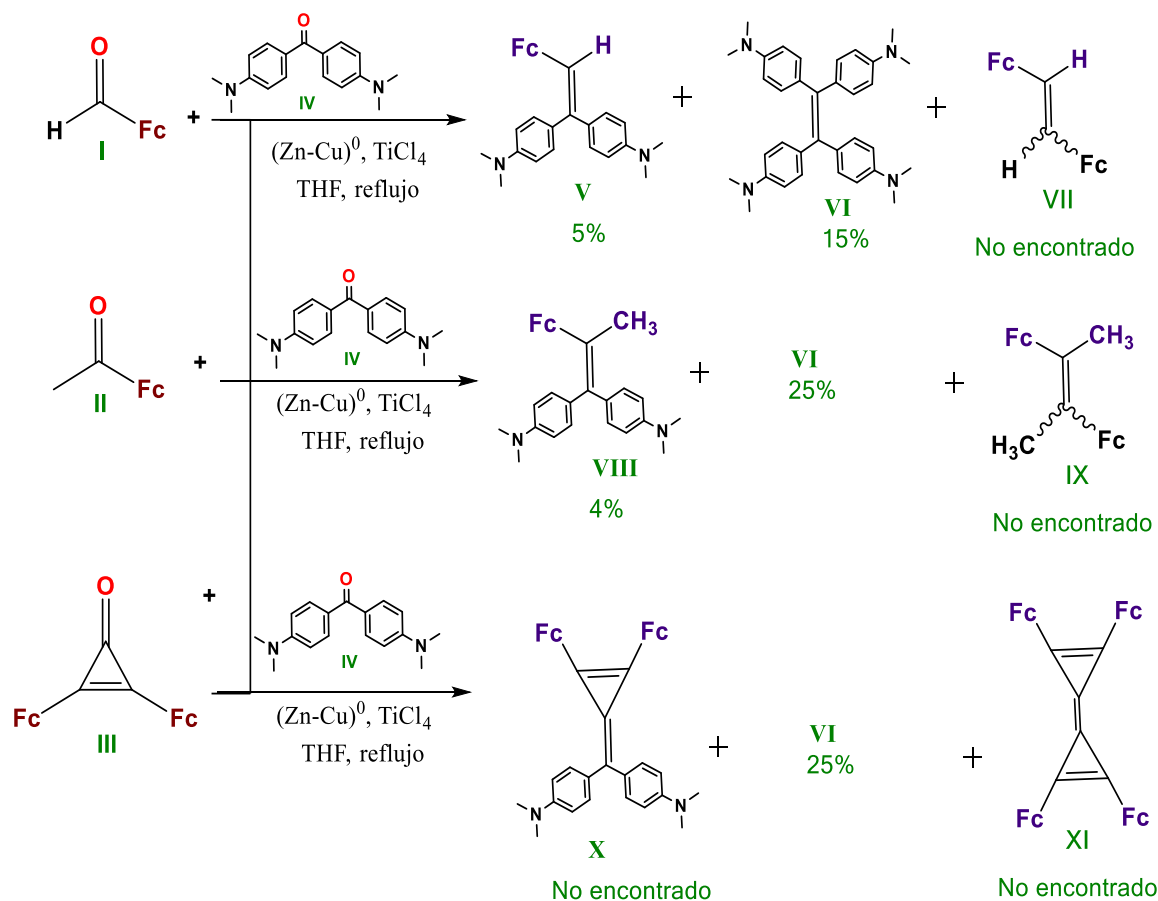
Posteriormente, el filtrado se prepara con Al₂O₃ básica (Actividad Brockmann III) y finalmente se purifica por cromatografía en columna aumentando la polaridad de los disolventes tales como:

Hexano < Acetato de Etilo < Éter Etílico < Diclorometano < Metanol

A través de una prueba de Rf se analiza el resultado de cada fracción obtenida y la purificación se realiza en placas de SiO₂.

Resultados y Discusión.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a partir de las reacciones con los compuestos **I**, **II** o **III** con la cetona de Michler con las mismas condiciones de reacción. Esquema 1, en donde se observa que los mejores resultados de obtienen resultados muy poco cuantitativos con el método tradicional de síntesis de Mc Murry, pero se puede observar que en todas las reacciones se obtiene la olefina de la cetona de Michler., algo interesante que se puede encontrar es que no se encuentran las olefinas diferrocenilicas y las olefinas tetraferrocenilicas como los compuestos **XI**, los cuales no se lograron aislar. Todos los resultados fueron caracterizados por RMN de ¹H y ¹³C, así como análisis elemental y espectroscopia de infrarrojo.



Esquema 2. Reacción de acoplamiento de McMurry, con diferentes compuestos ferrocenilicos.

A continuación, se muestran los espectros de RMN en donde se pueden apreciar las señales características de los compuestos aislados.

En el espectro de RMN de ^1H mostrado en la figura 4 se observa el producto **V**, con un rendimiento del 5%, se pueden observar lo siguiente en un desplazamiento químico δ en un campo alto 3.01 ppm que corresponde a la señal de CH_3 , que integra para 6 protones, la señal de δ en 4.09 ppm que integra para 5 protones que corresponde para la señal del *Cp no sustituido* (C_5H_5) y las dos señales de los *Cp* sustituidos C_5H_4 en δ de 3.88 y 4.05 ppm, la señal del protón olefínico que se encuentra en δ 6.56 ppm, así como las señales que corresponden a los anillos aromáticos en δ 6.68-7.21 ppm.

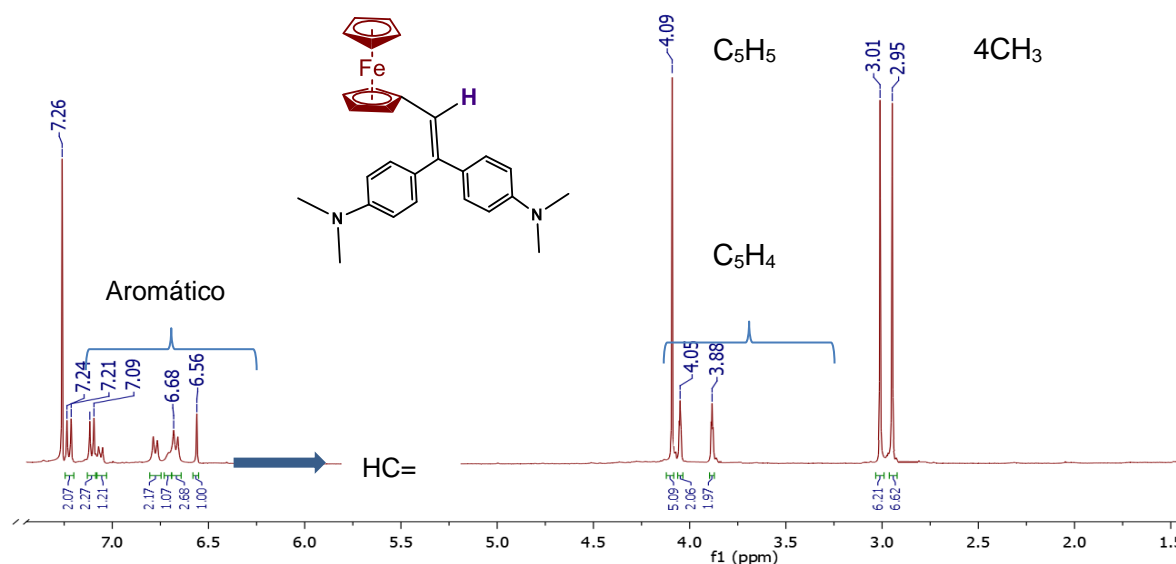


Figura 4. Espectro de RMN de ^1H (400 MHz, CDCl_3 , TMS) de la 4,4'-(2-ferroceniletene-1,1-diyl)bis(N,N-dimetilanilina) **V**.

En el espectro de RMN de ^1H mostrado en la figura 5, se muestra el compuesto **VI**, que se obtiene de la dimerización de la cetona de Michler en donde es un compuesto simétrico donde se observa el desplazamiento químico de los metilos en δ en 2.81 ppm y los protones del anillo aromático correspondiente.

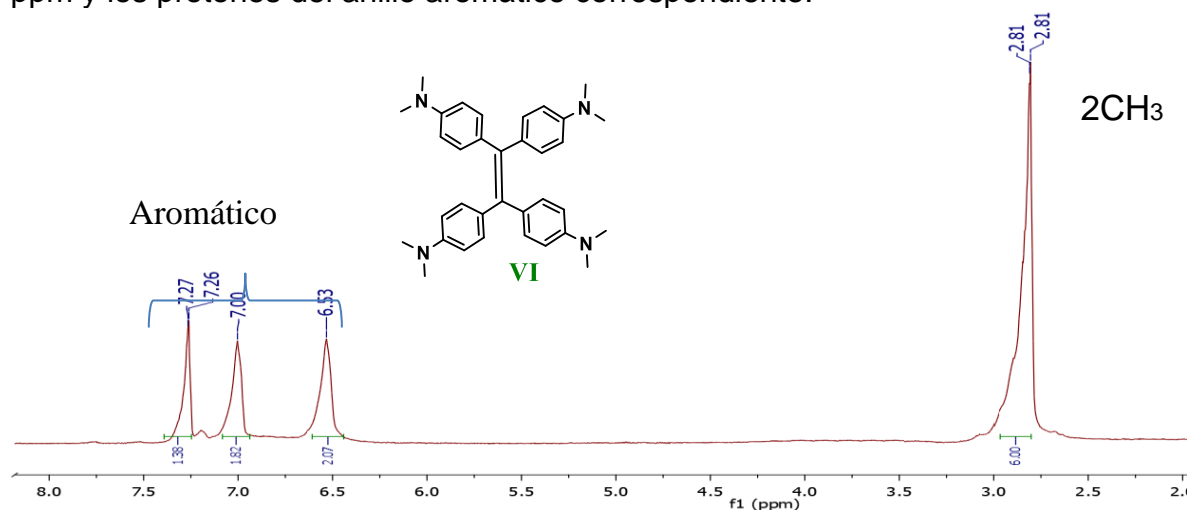


Figura 5. Espectro de RMN de ^1H (400 MHz, CDCl_3 , TMS) de la 4,4',4'',4'''-(etene-1,1,2,2-tetrail)tetraquis(N,N-dimetilanilina) **VI**

Con base en los rendimientos obtenidos, se puede interpretar que la metodología para llevar a cabo la reacción de McMurry funciona, pero es muy limitado su rendimiento, es importante, seguir explorando diferentes medios para la reacción. Ya que esto permitirá definir una o más rutas de síntesis que optimicen el rendimiento del producto.

Conclusiones.

- Se logró sintetizar y caracterizar olefinas por medio de la reacción de McMurry.
- Para tener un punto de comparación es importante modificar las condiciones de reacción para comparar los rendimientos.
- Es importante utilizar más compuesto carbonílicos para validar la efectividad de la reacción de acoplamiento.
- Los productos se caracterizaron por RMN ^1H y ^{13}C , IR, Análisis Elemental.

Agradecimientos.

Se da un especial agradecimiento al equipo de trabajo del laboratorio 201, edificio "F", Facultad de Química, UNAM, a la USAII, y al proyecto DGAPA-PAPIIT-UNAM IN. 217421. La Dra. C.D. Aguilar-Lugo agradece al CONACyT por la beca de posdoctorado proporcionada, El alumno S. Lizardí-Rivera No. de becario; 1223699, agradece al CONACyT por la beca de maestría en Ciencias Químicas.

Referencias

- Aguirre A. (2018). EÑENGI: Edublog Ecuatoriano de Ciencias. *Usos y Aplicaciones de Aldehídos y Cetonas en la Industria de Alimentos*. <https://enengiedublog.wordpress.com/2019/12/09/usos-y-aplicaciones-de-aldehidos-y-cetonas-en-la-industria-de-alimentos/>
- Amer W., Wang L., Amin A., Ma L., Yu H. (2010). Recent progress in the synthesis and applications of some ferrocene derivatives and ferrocene-based polymers. *J. Inorg. Organomet. Polym. Mater.*, 20, pp. 605-615.
- Cornejo P. (Julio 2017). *Cetonas y Aldehídos*. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n8/m8.html>
- Fouda M., Abd-Elzaher M., Abdelsamania R., Labib A. (2007). On the medicinal chemistry of ferrocene., *Appl. Organomet. Chem.*, 21, pp. 613-625.
- Getty S., Engtrakul C., Wang L., Liu R., Ke S., Barager H., Yang W., Fuhrer M. (2005), *Phys. Rev. B.*, 71, pp. 241401/1-241401/4.
- Herrmann W., Schneider H. (2002). *Catalytic McMurry coupling: olefins from keto compounds. Applied Homogeneous Catalysis with Organometallic Compounds.*, 2nd Edition, 3, pp. 1093-1099.
- Joo C. (2019), *Tesis: Síntesis, caracterización y pruebas anticancer de una familia de 4,5-diaril-1,2-ditiol-3-onas.*, p. 25.
- Kealy T., Pauson P. (1951). A new type of organo-iron compound., *Nature.*, 168, pp. 1039-1040.
- Kürti L., Czako B. (2005), *Strategic Applications of Named Reactions in Organic Synthesis.*, p. 276.
- Liu Z. Q. (2011). Potential applications of ferrocene as a structural feature in antioxidants., *Mini Rev.*

- Med. Chem.*, 11, pp. 345-358.
- Mc Murry J., (2008). *Química Orgánica*. Septimal edition. Cengage Learning.; pp. 695-696.
- Miller S., Tebboth J., Tremaine J. (1952). Di cyclo pentadienyliron., *J. Chem. Soc.*, pp. 632-635.
- Ornelas C. (2011). Application of ferrocene and its derivatives in cancer research. *New J. Chem.*, 35, pp. 345-358.
- Pineda Z. (2010), Tesis de Licenciatura: *Olefinas: Producto Estratégico en la Industria Petroquímica.*, p. 5.
- Quiminet. (2 de enero de 2012). *Las olefinas: Propiedades y características.* <https://www.quiminet.com/articulos/las-olefinas-propiedades-y-caracteristicas-2656546.htm>
- Villanueva F. (2013), Tesis: *Ingeniería básica de una planta de producción de olefinas a partir de DME.*, p. 1.
- Wade L. (2004). *Química Orgánica*. Quinta edición., Prentice Hall.; p. 71

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SÍNTESIS DE DIARIL Y DIMETALOCENILCICLOPROPENONAS SIMÉTRICAS COMO BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN EN QUÍMICA SINTÉTICA

D.L. Mata-López, A.A. Guadarrama-Mendoza, E. López-Miranda, E.I. Klimova

¹Facultad de Química, UNAM, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México-
dianamata44@gmail.com, andoni.guadarrama@gmail.com, erick.lomir@gmail.com,
eiklimova@yahoo.com.mx

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ-IBQ)

Resumen: Los metallocenos son moléculas organometálicas con diversas aplicaciones industriales y biológicas, siendo el ferroceno el metalloceno más estudiado, principalmente para la síntesis de moléculas con sustituyentes metallocenílicos con actividad biológica, gracias a que este compuesto ha presentado una excelente actividad biológica (anticancerígena y antimalárica). Por otro lado, las ciclopropenonas son cetonas energéticas, pero estables; utilizadas en síntesis orgánica ya que reaccionan con nucleófilos duros a través del carbonilo, en lugar de reaccionar por el alqueno conjugado.

El presente trabajo se enfoca en la síntesis de diaril y dimetalocenilciclopropenonas a partir de una reacción de Friedel-Crafts, para obtener un mayor rendimiento se realizó la caracterización de los productos de reacción utilizando métodos convencionales como IR, difracción de rayos X de monocristal, RMN de ¹H y ¹³C.

Introducción.

Metallocenos

Los metallocenos son moléculas organometálicas con una estructura tipo sándwich que cuentan con un metal de transición (Moss et al., 1995). El estudio de los metallocenos comenzó con el descubrimiento del ferroceno (bis-ciclopentadienil hierro, Cp₂Fe)(Kealy et al., 1951).

Estos compuestos han sido de gran interés en síntesis de compuestos inorgánicos, ya que los metallocenos tienen propiedades similares a la molécula del cis-platino la cual se utiliza para el tratamiento del cáncer.(Kopf et al., 1979).

En la actualidad, los complejos metálicos con otras moléculas cíclicas en cuya estructura presentan enlaces π conjugados son considerados también como metallocenos. Los compuestos que tienen una anión ciclopentadienilo son denominados como compuestos de medio sándwich como por ejemplo los arenos de rutenio, compuestos estudiados por sus posibles aplicaciones en las ciencias médicas como por ejemplo que tienen propiedades anticancerígenas (Peacock et al., 2008).

Los metallocenos se pueden clasificar de la siguiente manera: i) clásicos: contienen sus anillos ciclopentadienílicos paralelos y ii) sándwiches doblados: poseen uno o más ligandos unidos al núcleo metálico lo que ocasiona que los ciclopentadienilos no estén paralelos, sino formando un ángulo entre sí (Green, 1998).

En la medicina, Los metallocenos clásicos contienen en su estructura metales como el hierro, el rutenio, osmio y el cobalto. Los metallocenos tipo sándwich doblado están conformados por metales tales como titanio, zirconio, vanadio, niobio y molibdeno (Gasser et al., 2011), Figura 1.

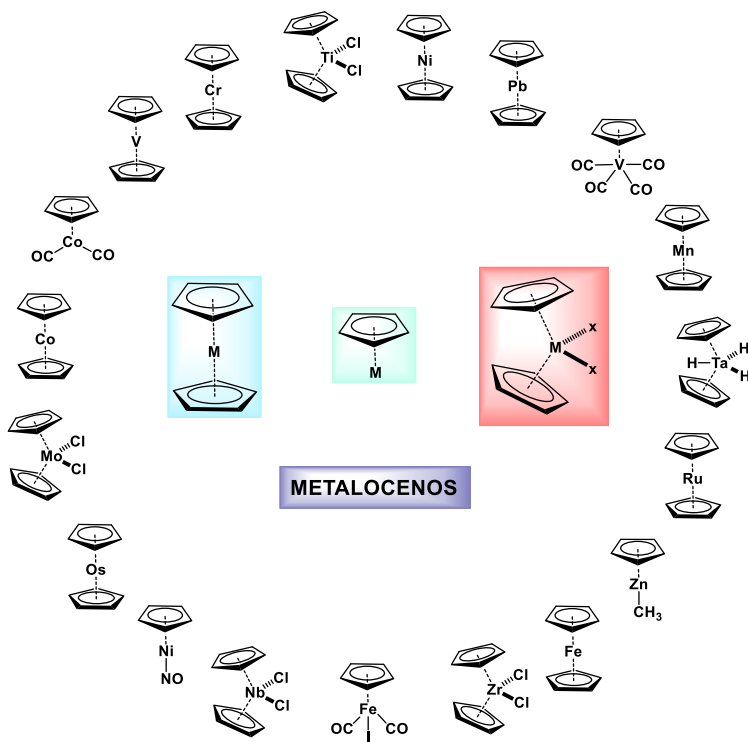


Figura 1 Tipos de metallocenos: clásicos y sándwiches doblados.

Los metallocenos pueden ser distinguidos en resonancia magnética nuclear RMN debido a que cada metalloceno muestra señales características con diferentes desplazamientos (ppm). Esto se debe a que el átomo central metálico que nos permite distinguirlo de compuestos arílicos, debido a que se encuentran a menor frecuencia de la que podría anticiparse ~3ppm comparándolos con compuestos bencílicos.[VII] Tanto la RMN ¹H y la RMN ¹³C nos proporcionan información valiosa del tipo de compuesto sintetizado (figura 2 y 3).

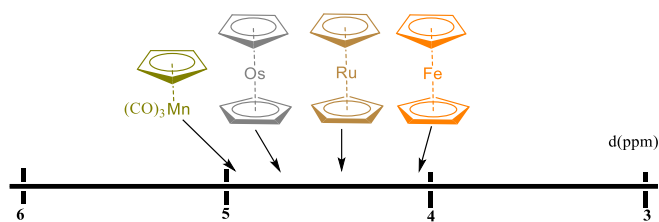


Figura 2 Desplazamiento en ¹H RMN para diferentes metallocenos

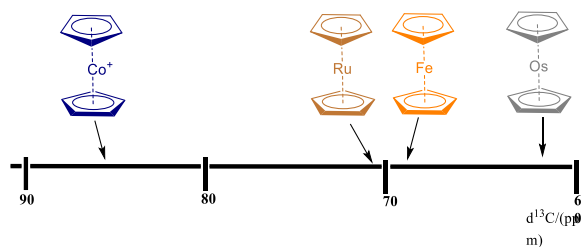


Figura 3 desplazamiento en RMN de ¹³C para diferentes metallocenos.

Ferroceno

Este se presenta un esto de oxidación de un solo electrón donde el ferroceno se transforma en ferricinio, estos se pueden distinguir debido a sus propiedades estructurales (figura 4): el ferroceno es de color naranja, es lipófilo mientras que el ferricinio cuyo núcleo metálico es de Fe^{3+} es de color azul y es básico, e hidrófilo (Astruc, 2017).

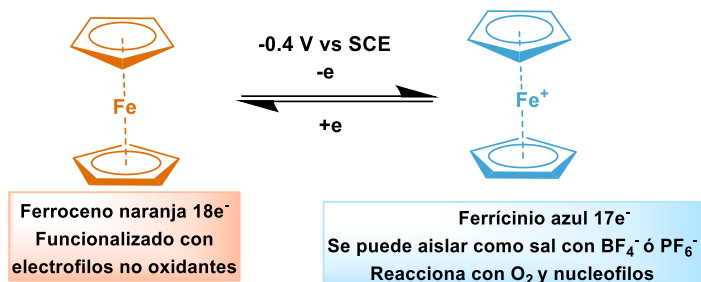


Figura 4 Propiedades redox del ferroceno.

Gracias a sus propiedades tanto estructurales como fisicoquímicas, el ferroceno puede ser utilizado en diversos campos de estudio, como lo son la electroquímica, ciencia de los materiales, bioorganometálica, biosensores, catalizadores, polímeros, etc (Stepnicka, 2008).

Rutenoceno

Este compuesto es una molécula muy parecida al ferroceno, sintetizado por primera vez y obtenido sólido, de color amarillo (Wilkinson et al., 1952), pensando en su estructura isoeléctrica con el hierro. Cuando se oxida se forma el rutenicinio (figura 5).

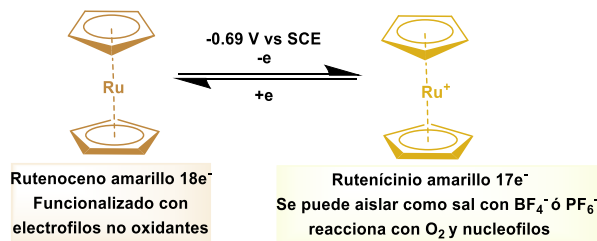


Figura 5 Propiedades redox del rutenoceno.

Las síntesis de derivados rutenocénicos es muy parecida a la de los compuestos ferrocénicos debido a que presentan una reactividad muy similar, aunque las diferencias más notables entre estos metalocenos son que el rutenoceno es más estable térmicamente que el ferroceno (Long, 1998).

Comparando sus propiedades REDOX podemos observar que el rutenoceno tiene la capacidad de perder dos electrones mientras que el ferroceno tiene una oxidación de transferencia de un solo electrón.

Ciclopropenona

Son compuestos cíclicos de tres miembros que contienen un grupo carbonilo en su estructura. Se han estudiado ampliamente debido a la estabilidad presente en dicho compuesto gracias a la deslocalización de un π –electrón, además de poseer una alta energía de deformación (Matsumoto et al., 2002). Sin embargo, aunque el sistema se encuentra muy tensionado, tiene una estabilidad inusual debido a que posee un grupo carbonilo que otorga aromaticidad a la estructura, ya que al formarse el catión ciclopropenílico se cumple la regla de Hückel (Ko,atsu et al., 2003).

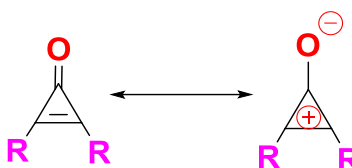
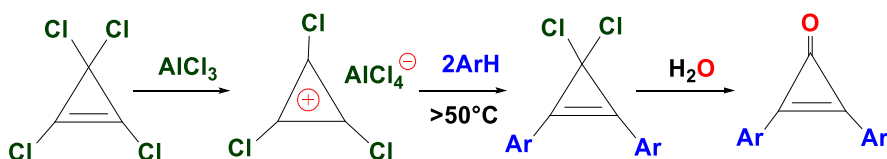


Figura 6 Aromaticidad de la ciclopropenona.

El anillo aromático posee una reactividad anfifílica (figura 8), ya que se forma dipolo por lo que puede reaccionar con electrófilos y nucleófilos. La primera síntesis de una diarilciclopropenona reportada en 1959 por Breslow, donde se quien obtuvo la difenilciclopropenona, utilizando como materia prima un carbeno y un ceto acetal (Breslow et al., 1959). En 1970 West modificó la síntesis de las diarilciclopropenonas partiendo de la hidrólisis de un ion de diarilciclopropenio. También estos compuestos se pueden obtener mediante la reacción de alquilación Friedel-Crafts utilizando un derivado de benceno con tetraclorociclopropeno en presencia de AlCl_3 como catalizador, en esta síntesis se forma el ión triclorociclopropenilío, que posteriormente se hidrolizó para formar la diarilciclopropenona correspondiente (West et al., 1970), Esquema 1.



Esquema 1 Obtención de la ciclopropenona por medio de una alquilación de Friedel-Crafts.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

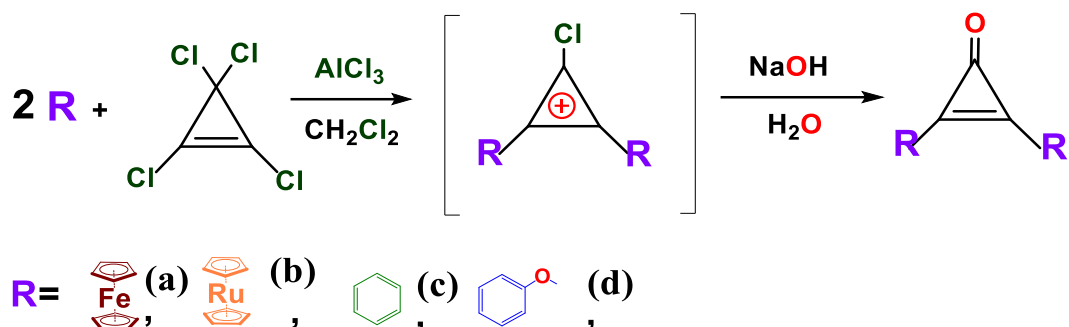
Se conoce que las reacciones de alquilación de Friedel-Crafts se pueden llevar a cabo con un gran número de carburos instaurados y algunos compuestos no aromáticos. Esta reacción se lleva a cabo no solo con agentes alquilantes, sino también puede efectuarse con agentes alquilantes (cloruros de acilo) para las reacciones conocidas como reacciones de alquilación de Friedel-Crafts, que son reacciones de sustitución electrofílica aromática.

El cloruro de aluminio anhidro actúa como un catalizador electrófilo en estas reacciones al ser un ácido de Lewis, asociándose con el halógeno del agente

alquilante o acilante, dando lugar a la formación de un carbocatión catión o un ión acilo en el haluro de alquilo o acilo respectivamente. Como ninguna de estas especies es estable, reacciona rápidamente con el hidrocarburo aromático presente en la reacción.

Para los halogenuros de alquilo puede ocurrir una transposición de carbocatión más estable, de manera que el anillo aromático quedará unido en la posición donde se obtenga el carbocatión más estable (Durst, 1985).

Método general para síntesis de una familia de las ciclopropenonas mediante una reacción de alquilación Friedel-Crafts.



Esquema 2. Reacción general para la síntesis de 2,3-diaril y dimetalocenilciclopropenona.

Resultados y discusión.

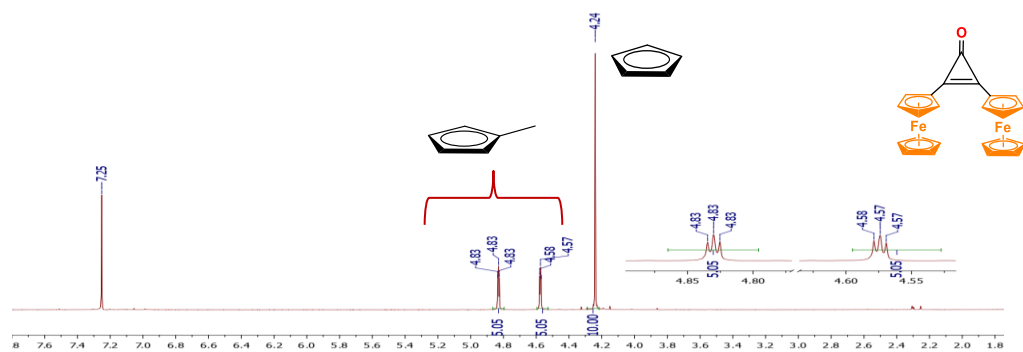
Se realizó la síntesis de una familia de las 2,3-diaril y dimetalocenilciclopropenonas, con las mismas condiciones de reacción en donde se obtienen diferentes resultados de acuerdo con la reactividad de cada uno de los sustituyentes, siendo el ferroceno más reactivo con respecto a los sustituyentes aromáticos.

Tabla 1. Rendimientos obtenidos para las diferentes diaril y dimetalocenil ciclopropenonas.

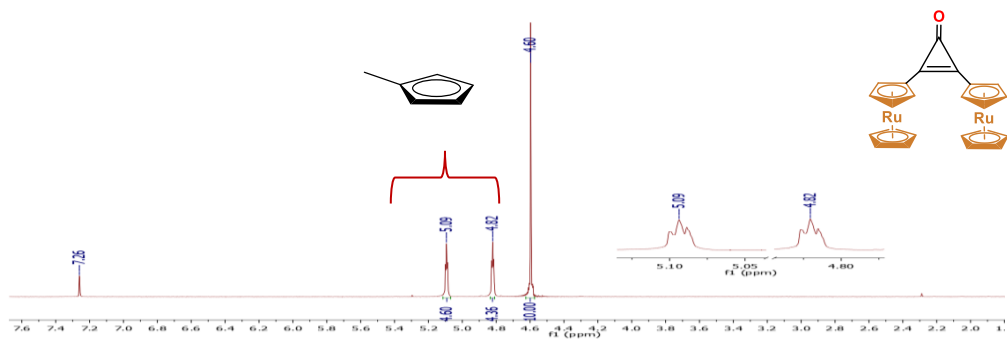
	Sustituyente	Rendimiento
2a		90 %
2b		60 %
2c		40 %
2d		55%

A continuación, se muestran los espectros de RMN de ^1H de la 2,3-diferrocenilciclopropenona (**2a**), 2,3-dirutenocenilciclopropenona (**2b**), 2,3-difenilciclopropenona (**2c**), 2,3-dianicilciclopropenona (**2d**), en estos espectros se pueden observar claramente las señales correspondientes a los ciclopentadienilos Cp sustituidos y no sustituidos, así como las señales de los anillos aromáticos.

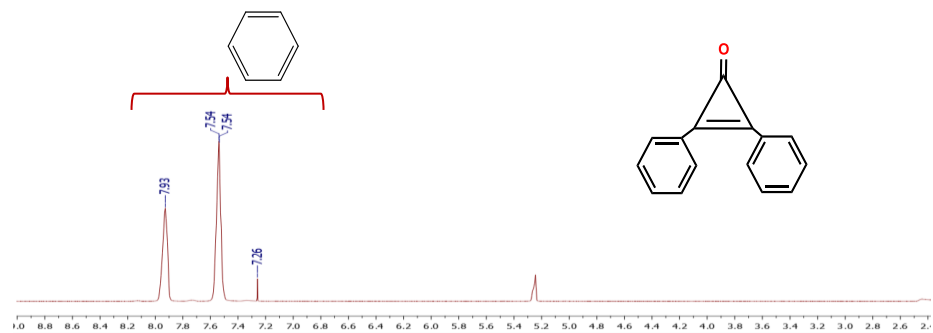
2a



2b



2c



2d

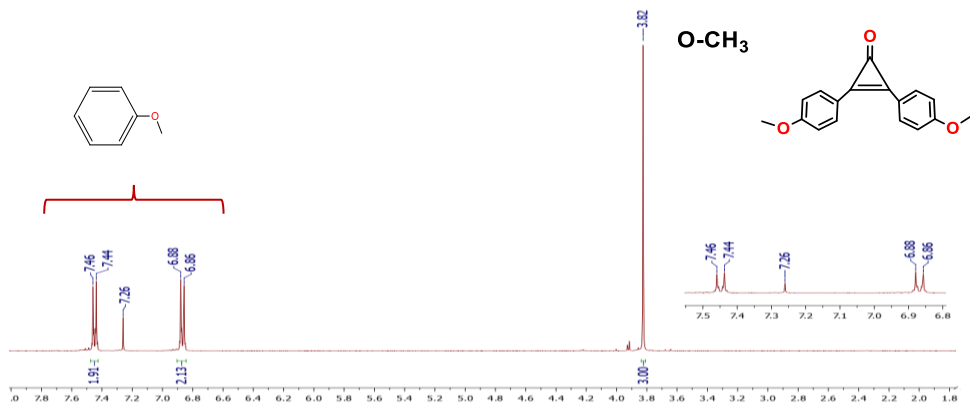


Figura 7. Espectro de RMN de ¹H (400 MHz, CDCl₃, TMS) de una familia de 2,3-diaril y dimetalocenilciclopropenona

La información de los espectros de RMN de ^{13}C de los compuestos confirman las estructuras de los compuestos (**2a** y **2d**), ya que se pueden observar las señales características del fragmento metalocénico de los Cp no sustituido y el Cp sustituido, y las señales correspondientes al anillo aromático.

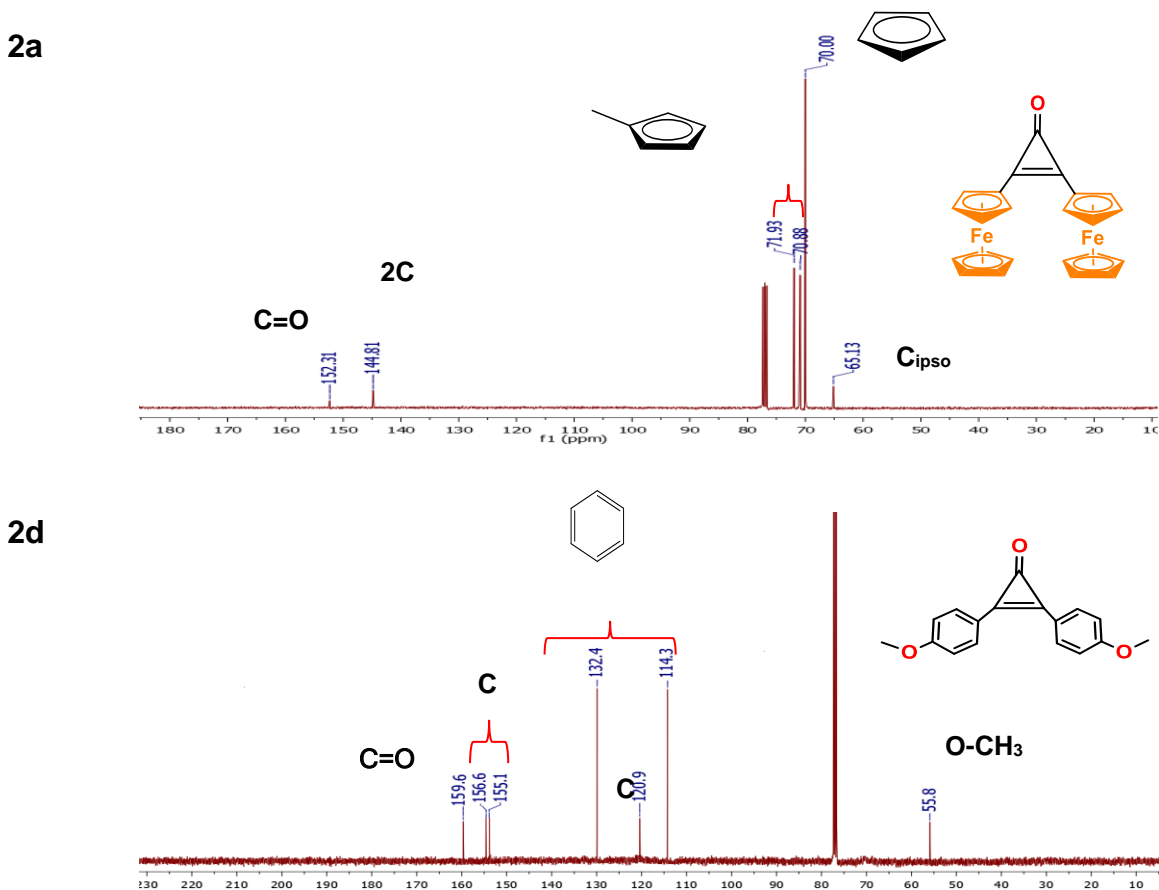


Figura 13. Espectros de RMN de ^{13}C (100 MHz, CDCl_3 , TMS) de la 2,3-diferrocenilciclopropenona **2a** y la 2,3-dianisilciclopropenona **2d**.

Conclusiones.

Se realizó la síntesis y caracterización de una familia de 2,3-difenil y dimetalocenilciclopropenona, obteniéndose los siguientes resultados la 2,3-diferrocenilciclopropenona **2a**, la 2,3-dirutenocenilciclopropenona **2b**, la 2,3-difenilciclopropenona **2c** y la 2,3-dianisilciclopropenona **2d**, todos los resultados fueron caracterizados por métodos convencionales de RMN de ^1H y ^{13}C .

Agradecimientos.

Al Q.F.B. Rene Sebastián Joo Cisneros, por su apoyo, Se da un especial agradecimiento al equipo de trabajo del laboratorio 201, edificio "F", Facultad de Química, UNAM, a la USAII, y al proyecto DGAPA-PAPIIT-UNAM IN. 217421. Los alumnos Erick López Miranda No. de becario; 1176485, Diana Laura Mata López No. de becario; 1139636, Agradecen al CONACyT por la beca de maestría.

Referencias

- I Astruc, D. (2017). Why is Ferrocene so Exceptional, *Eur. J. Inorganic Chem.*1, 6-29.
- Moss, G. P., Smith, P. A. S., & Tavernier, D. (1995). *Glossary of class names of organic compounds and reactivity intermediates based on structure* (IUPAC Recommendations 1995). *Pure and applied chemistry*, 67(8-9), 1307-1375 9
- Breslow, R., Haynie, R., Mirra, J. (1959). The synthesis of diphenylcyclopropanone, *J. Am. Chem. Soc.* 81(1), 247-248.
- Durst H. P. (1985). *Química orgánica Experimental*. Editorial Reverté. España. 371
- Gasser, G., Ott, I., Metzler-Nolte, N. (2011) Organometallic Anticancer Compounds, *J. Med. Chem.* 54(1), 3–25.
- Green, J. (1998). Bent metallocenes revisited, *Chem. Soc. Rev.* 27(4), 263-272.
- Takehi H., Matsumoto A., Okada A., Girek T., Ikemi Y., Chul K., Hayashi N., Yoshida H.,(2002). Synthesis of 2-methyl-4,6-diaril-1,2,3-triazinones via diarylcyclopropanone, *Heterocyclic Commun.* 8(4), 325-328.
- Kealy, T. J., & Pauson, P. L. (1951). *A new type of organo-iron compound*. *Nature*, 168(4285), 1039-1940.
- Kopf, H.; Kopf-Maier, P. (1979). Titanocene Diclорide-The first Metallocene with cancerostatic Activity, *Int. Ed. Engl.* 18, 477–478.
- Komatsu, K., Kitagawa, T. (2003). Cyclopropenylum cations, cyclopropanones, and heteroanalogues recent advances, *Chem Rev.* 103(4), 1371-1428.
- Long, N. J. (1998). *Metallocenes*. Blackwell Science.
- Matsumoto, K., Okada, A., Girek, T., Ikemi, Y., Kim, J. C., Hayashi, N., Yoshida, West, R., Zecher, D. C., Goyert, W. (1970). Triarylcyclopropenium ions and diarylcyclopropanones from trichlorocyclopropenium ion, *J. Am. Chem. Soc.* 92(1), 149-154.
- Peacock, A. F., Sadler, P. J. (2008). Tuning the hydrolytic aqueous chemistry of osmium arene complexes with N,O-chelating ligands to achieve cancer cell cytotoxicity, *Chemistry—An Asian Journal*, 3(11), 1890-1899.
- Stepnicka, P. (Ed.). (2008). *Ferrocenes: ligands, materials and biomolecules*. John Wiley & Sons.
- Wilkinson G. (1952). The Preparation and Some Properties of Ruthenocene and Ruthenocenium Salts, *J. Am. Chem. Soc.* 74(23), 6146-6147.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ESTUDIO TEÓRICO SOBRE LA DESCARBOXILACIÓN DEL SUSTITUTO DE BIODIÉSEL 3-BUTENOATO DE METILO

R. Navarro Severiano¹, D. Ochoa Resendiz^{1,2}, R. Hernández Lamonedá², y A. Quinto Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México – nava_rodrigo@outlook.com, alfredo.gh@zacatepec.tecnm.mx

²Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, 62209, México - ochoadr@gmail.com, ramon@uaem.mx

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ – IBQ)

Resumen: El biodiésel es producido a partir de la esterificación de aceites vegetales, grasas animales o algas, por lo que contiene una cantidad relevante de oxígeno que induce una combustión eficiente, además de una nula emisión de SO_x, y una neutral producción de CO₂ en términos de su huella de carbono. No obstante, la presencia del grupo éster en la estructura de este biocombustible hace que su poder calorífico sea menor al de los combustibles derivados del petróleo, por ello, se ha planteado eliminar el oxígeno de los ésteres usando hidrodeshidrogenación o reacciones de descarboxilación, para obtener hidrocarburos más aptos. Sin embargo, el biodiésel es una mezcla compleja de ésteres de cadena larga, por lo que sus mecanismos de descarboxilación han permanecido inexplorados, debido a las inherentes condiciones experimentalmente difíciles de controlar, así como el alto costo computacional que conlleva estudiarlo de manera teórica. El uso de moléculas semejantes o sustitutos al biodiésel “real”, puede ser una alternativa que nos permitiría entender tales mecanismos. En este trabajo, nosotros realizamos un estudio teórico sobre la descomposición unimolecular del sustituto de biodiésel 3-Butenoato de metilo (3BM). Utilizando cálculos de estructura electrónica encontramos que la descarboxilación del 3BM es posible a través de una isomerización hacia 3-Metilbutirolactona (3MBL). Este isómero del 3BM nos permite encontrar nuevas rutas de reacción para entender la descarboxilación de este sustituto de biodiésel.

Introducción.

El biodiésel es uno de los biocombustibles que puede sustituir a los combustibles convencionales derivados del petróleo, ya que contiene mayor cantidad de oxígeno por peso (Sendzikiene et al., 2006; Demirbas, 2008). Esta característica puede garantizar una combustión completa y aumentar el rendimiento del motor (Jakeria et al., 2014), así como la nula emisión de partículas de óxidos de sulfuro (SO_x) (Ito et al., 2012). Además, este biocarburante es producido a partir de hacer reaccionar los triglicéridos contenidos en la biomasa como aceites vegetales, grasas animales o algas (Dorado, 2003; Khan et al., 2009) con alcoholes como metanol o etanol que, en consecuencia, se obtienen tres moléculas de ésteres de cadena larga por una de glicerina. Debido a la materia prima que se utiliza para producir biodiésel, este biocombustible es en esencia neutral con respecto a la producción de dióxido de carbono (CO₂) (Huynh et al., 2008).

El biodiésel al tener el grupo éster (R-COO-R) en su estructura química hace que su poder calorífico sea menor al de los hidrocarburos convencionales (Balat, 2008), por lo tanto, remover el oxígeno que contiene el biodiésel en su estructura química es una alternativa para la producción de hidrocarburos que sean aptos para elaborar mezclas de combustible diésel (Kubičková et al., 2005). El oxígeno en la estructura química en los ésteres es posible eliminarlo por vía hidrodeshidrogenación (Centeno

et al., 1995) o reacciones de pirólisis (Lima et al., 2004), así como las reacciones de descarboxilación. No obstante, los mecanismos de la descarboxilación en el biodiésel han sido poco exploradas.

La descarboxilación consiste en la pérdida de CO₂ en una molécula (Carey & Giuliano, 2014). Comúnmente la descarboxilación se da en los ácidos carboxílicos como se muestra en la Figura 1 (Carey & Giuliano, 2014).

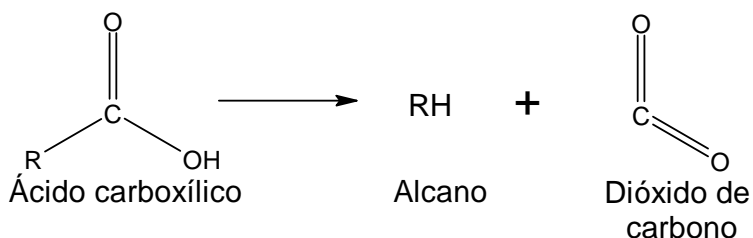


Figura 1. Reacción de descarboxilación de los ácidos carboxílicos

La estructura química de los ésteres es similar al de los ácidos carboxílicos. La única diferencia es que el hidrógeno que está unido al oxígeno del grupo carboxilo es reemplazado por una cadena de carbonos, por lo que existe la posibilidad que las reacciones de descarboxilación se de en los ésteres. Estudios previos sobre la descomposición unimolecular de ésteres, se ha encontrado que estas especies químicas son capaces de disociarse para producir dióxido de carbono y alcanos. Por ejemplo, el formiato de metilo (CH₃OOCH) es capaz de disociarse para formar CO₂ y CH₄ (Lanfri et al., 2019) y el acetato de metilo (CH₃OOCCH₃) se fragmenta para formar CO₂ y C₂H₆ (Porterfield et al., 2017).

El biodiésel al ser una mezcla compleja de ésteres de cadena larga que presentan insaturaciones resulta complicado realizar estudios experimentales o teóricos de manera directa, debido a que las condiciones experimentales son difíciles de controlar, así como el alto costo computacional que conllevan los cálculos teóricos. Utilizar moléculas sustitutas de biodiésel nos ayuda a simplificar las condiciones experimentales y reducir el costo computacional. La estructura química de los sustitutos de biodiésel conserva el grupo éster, pero la cadena alquílica es corta y pueden o no pueden presentar insaturaciones. Por lo tanto, es posible estudiar el 3BM, ya que su estructura química es análoga a las moléculas del biodiésel real, así mismo, el 3BM ha sido reportado como producto en la combustión de biodiésel de soya (Ratcliff et al., 2010), así como en la descomposición de ésteres de cadena larga como el Decanoato de metilo (Herbinet et al., 2011), Hexanoato de metilo y Pentanoato de metilo (Korobeinichev et al., 2015). En este trabajo se realiza un estudio teórico sobre la descarboxilación del sustituto de biodiésel 3BM. Utilizando cálculos de estructura electrónica se determina que el 3BM es capaz de disociarse para producir CO₂ y 1-Buteno, así como de isomerizarse hacia 3-Metilbutirolactona (3MBL). Esta lactona nos permite elucidar más caminos de reacción para la descarboxilación de este sustituto de biodiésel.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Automekin 2020 es un software desarrollado por Martínez-Núñez (Martínez-Núñez, 2015) este programa computacional utiliza simulaciones de dinámica molecular para encontrar los distintos caminos de reacción de una molécula. Automekin utilizando una subrutina en MOPAC2016 (Stewart, 2016), es capaz de encontrar los puntos críticos de la superficie de energía potencial (SEP) de la molécula de interés a un nivel de teoría semiempírico (Stewart, 2013). Nosotros utilizamos Automekin (Martínez-Núñez, 2015) para explorar la SEP del 3BM y 3MBL. Posteriormente, las geometrías resultantes de estas simulaciones son reoptimizadas con métodos *ab initio* utilizando Gaussian09 (Frisch et al. 2009). Por último, para garantizar que cada estado de transición encontrado por Automekin (Martínez-Núñez, 2015) conecte con los productos deseados, se calcula la coordenada intrínseca de reacción (IRC) al nivel de teoría mencionado anteriormente. Todas las estructuras moleculares resultantes son visualizadas en el software ChemCraft (Zhurko, 2014). En la Figura 2, se muestra un resumen de las reacciones de descarboxilación encontradas para el 3BM y 3MBL. Cabe mencionar que la isomerización del 3BM hacia la 3MBL no fue encontrada por las simulaciones de dinámica molecular. Estudios previos realizados al acrilato de metilo (Ochoa, 2016), demuestran que el acrilato de metilo es capaz de isomerizarse hacia la Gammabutirolactona, por lo tanto, nosotros exploramos la superficie de energía potencial del 3BM a prueba y error, hasta encontrar un camino de reacción donde el 3BM se isomericé hacia una especie cíclica, ya que, tiene una estructura química parecida al Acrilato de metilo.

Resultados y Discusión.

Las simulaciones de dinámica molecular desarrolladas en Automekin (Martínez-Núñez, 2015), nos proporciona los puntos estacionarios de la superficie de energía potencial del 3BM y de la 3MBL a un nivel de teoría PM7. Nosotros reoptimizamos estas estructuras utilizando el nivel de teoría mp2/cc-pvdz y calculamos el IRC al mismo nivel de teoría. En la Figura 3, se muestran los perfiles de energía de los caminos de reacción encontrados con el procedimiento descrito anteriormente. Los valores de energía de los estados de transición (TS) y la energía de enlace (D_0) de los productos resultantes no contienen la corrección de energía del punto cero.

La reacción P1 es la descarboxilación del 3BM. Esta reacción tiene una barrera energética (TS1) de 80.52 kcal/mol y la D_0 de los productos resultantes es de -34.53 kcal/mol. El signo negativo en D_0 indica que esta reacción es de tipo exotérmica. Por otro lado, la reacción de isomerización de 3BM hacia la 3MBL tiene una barrera energética (TS2) de 107.84 kcal/mol y D_0 de la 3MBL es de 39.97 kcal/mol. El signo positivo en la D_0 de la 3MBL es indicio de que este isómero tiene menor estabilidad energética que el 3BM, pero este isómero abre nuevas posibilidades de encontrar otras rutas de reacción para la descarboxilación de este sustituto de biodiésel.

En la Figura 2, existen 3 caminos de reacción para que ocurra la descarboxilación de la 3MBL. De acuerdo a la Figura 3, las reacciones P3 y P5 tienen una diferencia de 0.31 kcal/mol en el valor energético de sus puntos silla (TS3 y TS5), mientras que

la barrera energética (TS4) de la reacción P4 es aproximadamente 9 kcal/mol por debajo de las barreras energéticas de las reacciones P3 y P5. Debido a que la barrera energética TS4 de la reacción P4 es menor con respecto a las barreras energéticas de las reacciones P3 y P5, desde el punto de vista cinético la reacción P4 es probable que ocurra en mayor proporción. Además, la reacción P4 es de tipo exotérmica, ya que su D_0 es 7.87 kcal/mol por debajo de la D_0 de la 3MBL. La descarboxilación de la 3MBL abre caminos de síntesis para la producción de alcanos lineales, ramificados o incluso cíclicos.

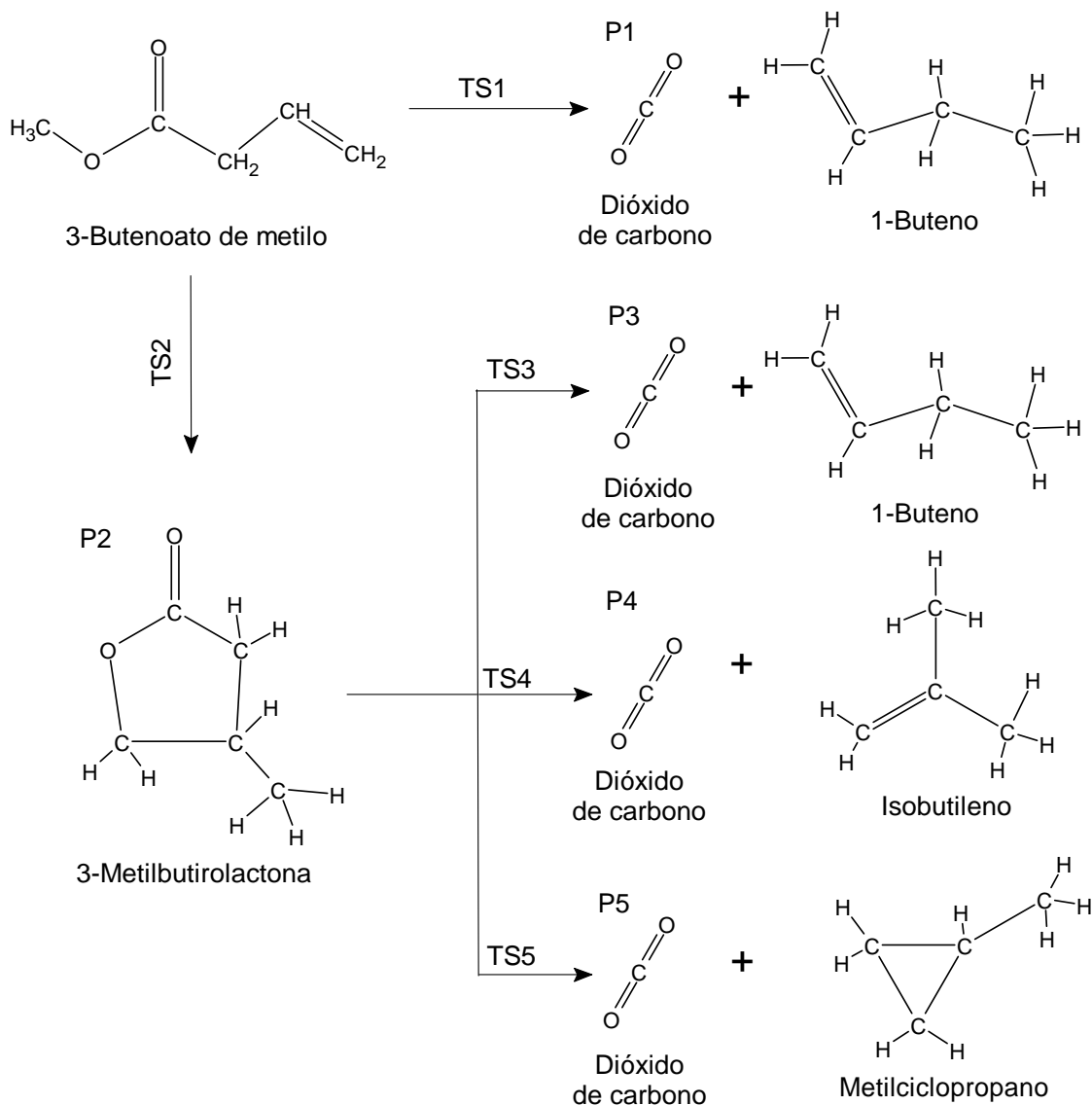


Figura 2. Caminos de reacción para la descarboxilación del 3-Butenoato de metilo.

Conclusiones.

El 3-Butenoato de metilo es un éster de cadena corta que presenta una insaturación, por lo tanto, tiene una estructura química análoga a las moléculas reales de

biodiésel. Estudiar la disociación unimolecular del 3BM nos permitiría comprender los mecanismos de reacción que ocurren en una etapa previa a la combustión del biodiésel. Utilizando simulaciones de dinámica molecular en Automekin (Martínez-Núñez, 2015) se estudia la superficie de energía potencial del 3BM y de la 3-Metilbutirolactona (3MBL). Subsecuentemente, las geometrías resultantes son reoptimizadas con métodos *ab initio* a un nivel de teoría mp2/cc-pvdtz. Nuestros resultados sugieren que existe una ruta de reacción para que ocurra la descarboxilación en el 3BM, siendo esta reacción de tipo exotérmica. El 3BM es capaz de isomerizarse hacia la 3MBL, que es un compuesto cíclico con una ramificación. Este isómero nos permite encontrar nuevas rutas de reacción para llegar a la descarboxilación del 3BM, abriendo así nuevas posibilidades para la producción de alcanos lineales, ramificados o incluso cíclicos.

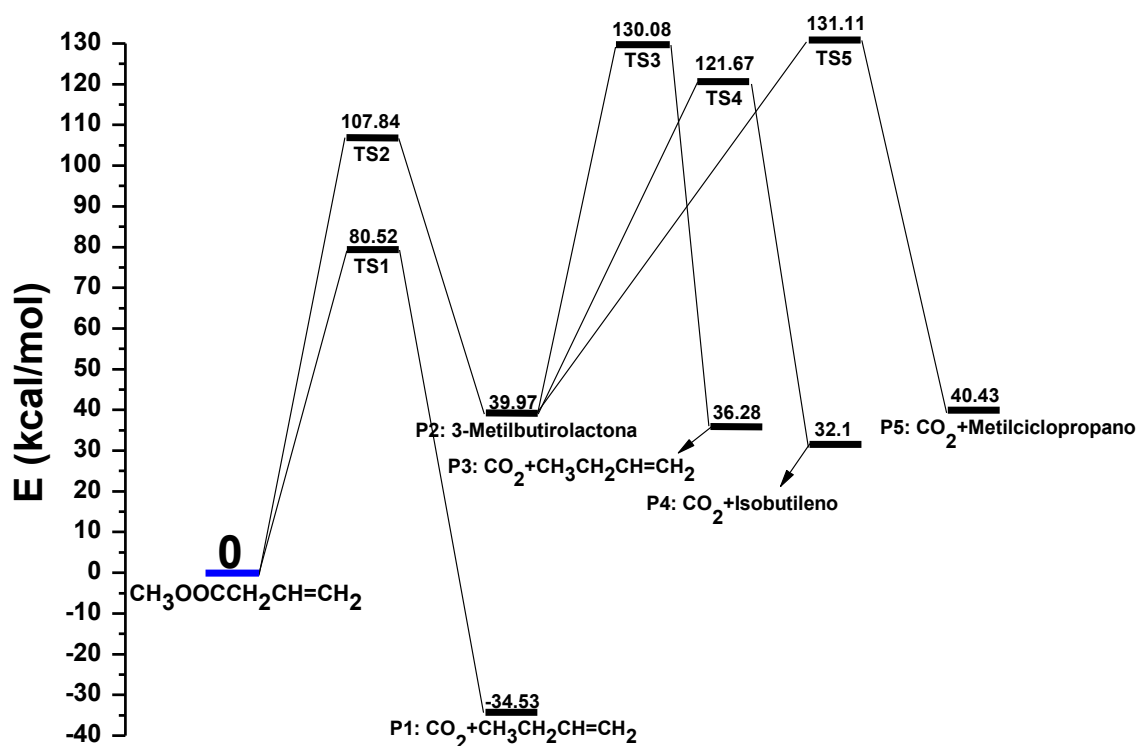


Figura 3. Superficie de energía potencial para las reacciones de descarboxilación del 3-Butenoato de metilo.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al apoyo financiero proporcionado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del Proyecto de Ciencia de Frontera No. 549 489.

Referencias.

- Balat, M., & Balat, H. (2008). A critical review of bio-diesel as a vehicular fuel. *Energy Conversion and Management*, Vol. 49, No. 10, p. 2727–2741. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.03.016>
- Carey, Francis A., Giuliano, Robert M. (2014). *Organic Chemistry* (9th edition). Mc Graw Hill.

- Centeno, A., Laurent, E., & Delmon, B. (1995). Influence of the Support of CoMo Sulfide Catalysts and of the Addition of Potassium and Platinum on the Catalytic Performances for the Hydrodeoxygenation of Carbonyl, Carboxyl, and Guaiacol-Type Molecules. *Journal of Catalysis*, Vol. 154, No. 2, p. 288–298. <https://doi.org/10.1006/jcat.1995.1170>
- Demirbas A. (2008). *Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines*. Springer.
- Dorado, M., (2003). Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*, Vol. 82, No. 11, p. 1311–1315. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(03\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00034-6)
- Frisch M, Trucks G, Schlegel H, Scuseria G, Robb M, Cheeseman J, et. al. (2009). Gaussian 09, Revision A.02, Gaussian, Inc., Wallingford CT.
- Herbinet Olivier, Pierre-Alexandre Glaude, Valérie Warth, Frédérique Battin-Leclerc. (2011). Experimental and modeling study of the thermal decomposition of methyl decanoate, *Combustion and Flame*, Vol. 158, No. 7, p. 1288-1300. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2010.11.009>
- Huynh, L. K., Lin, K. C., & Violi, A. (2008). Kinetic Modeling of Methyl Butanoate in Shock Tube. *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 112, No.51, p. 13470–13480. <https://doi.org/10.1021/jo701824n>
- Ito, T., Sakurai, Y., Kakuta, Y., Sugano, M., & Hirano, K. (2012). Biodiesel production from waste animal fats using pyrolysis method. *Fuel Processing Technology*, Vol. 94, No. 1, p. 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.10.004>
- Jakeria M.R., Fazal M.A., A.S.M.A. (2014). Haseeb, Influence of different factors on the stability of biodiesel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; Vol 30, p. 154-163. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.024>
- Khan, S. A., Rashmi, Hussain, M. Z., Prasad, S., & Banerjee, U. C., (2009). Prospects of biodiesel production from microalgae in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, No. 9, p. 2361–2372. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.04.005>
- Korobeinichev, Oleg P., Gerasimov, Ilya E., Knyazkov, Denis A., Shmakov, Andrey G., Bolshova, Tatyana A., Hansen, Nils, Westbrook, Charles K., Dayma, Guillaume and Yang, Bin. (2015). "An Experimental and Kinetic Modeling Study of Premixed Laminar Flames of Methyl Pentanoate and Methyl Hexanoate", *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, Vol. 229, No. 5, p. 759-780. <https://doi.org/10.1515/zpch-2014-0596>
- Kubičková, I., Snáre, M., Eränen, K., Mäki-Arvela, P., & Murzin, D. Yu. (2005). Hydrocarbons for diesel fuel via decarboxylation of vegetable oils. *Catalysis Today*, Vol. 106, No. 1–4, p. 197–200. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2005.07.188>
- Lanfri, L., Wang, Y.-L., Pham, T. v., Nguyen, N. T., Paci, M. B., Lin, M. C., & Lee, Y.-P. (2019). Infrared Emission from Photodissociation of Methyl Formate [HC(O)OCH₃] at 248 and 193 nm: Absence of Roaming Signature. *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 123, No. 29, p. 6130–6143. <https://doi.org/10.1021/acs.jpca.9b04129>
- Lima, D. G., Soares, V. C. D., Ribeiro, E. B., Carvalho, D. A., Cardoso, É. C. V., Rassi, F. C., Mundim, K. C., Rubim, J. C., & Suarez, P. A. Z. (2004). Diesel-like fuel obtained by pyrolysis of vegetable oils. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Vol. 71, No. 2, p. 987–996. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2003.12.008>
- Martínez-Núñez, E. (2015). An automated method to find transition states using chemical dynamics simulations. *Journal of Computational Chemistry*, Vol. 36, No. 4, p. 222–234. <https://doi.org/10.1002/jcc.23790>
- Martínez-Núñez, E. (2015). An automated transition state search using classical trajectories initialized at multiple minima. *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol. 17, No. 22, p. 14912–14921. <https://doi.org/10.1039/C5CP02175H>
- Ochoa Resendiz, David. (2016). "Estudio teórico-experimental de las rutas de disociación en Acrilato de metilo y N,N-Dimetilformamida. Instituto Tecnológico de Zacatepec.
- Porterfield, J. P., Bross, D. H., Ruscic, B., Thorpe, J. H., Nguyen, T. L., Baraban, J. H., Stanton, J. F., Daily, J. W., & Ellison, G. B. (2017). Thermal Decomposition of Potential Ester Biofuels. Part I: Methyl Acetate and Methyl Butanoate. *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 121, No. (24), p. 4658–4677. <https://doi.org/10.1021/acs.jpca.7b02639>
- Ratcliff, M. A., Dane, A. J., Williams, A., Ireland, J., Luecke, J., McCormick, R. L., & Voorhees, K. J. (2010). Diesel Particle Filter and Fuel Effects on Heavy-Duty Diesel Engine Emissions. *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 44, p. 8343-8349. <https://doi.org/10.1021/es100803z>

- Sendzikiene, E., Makareviciene, V., & Janulis, P. (2006). Influence of fuel oxygen content on diesel engine exhaust emissions. *Renewable Energy*, Vol. 31, No. 15, p. 2505–2512. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.11.010>
- Stewart J. (2016). MOPAC2016, 15210 Paddington Circle, Colorado Springs, CO, USA.
- Stewart, J. J. P. (2013). Optimization of parameters for semiempirical methods VI: more modifications to the NDDO approximations and re-optimization of parameters. *Journal of Molecular Modeling*, Vol. 19, No. 1, p. 1–32. <https://doi.org/10.1007/s00894-012-1667-x>
- Zhurko GA, Chemcraft Program V.1.6. 2014. <https://www.chemcraftprog.com>.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ESTUDIO TEÓRICO SOBRE LA DESCARBONILACIÓN Y LA DESCARBOXILACIÓN EN REACCIONES SECUNDARIAS DEL FORMIATO DE ETILO

J. E. Solorzano Ramos¹, D. Ochoa Resendiz^{1,2}, R. Hernández Lamonedá², y A. Quinto Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México javi_edu11@hotmail.com, alfredo.qh@zacatepec.tecnm.mx

²Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, 62209, México ochoadr@gmail.com, ramon@uaem.mx

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ – IBQ)

Resumen: Las emisiones de CO y CO₂ proveniente de los combustibles o biocombustibles son relevantes debido al rol que juegan en la química de la atmósfera y en el equilibrio del medio ambiente. CO es bien conocido por su alta toxicidad, mientras que el CO₂ es un gas de efecto invernadero con efectos en el calentamiento global de la tierra. Los mecanismos de producción de estas moléculas, i. e. descarboxilación, no son conocidos en el biodiésel debido a la compleja estructura molecular de los componentes de esta mezcla. El estudio de la descomposición de sustitutos de biodiésel, moléculas análogas al biodiésel de menor peso molecular, es una alternativa que proporciona indicios de cómo son producidos. En este sentido, el presente trabajo reporta mecanismos de reacción para producir CO y CO₂ a partir de disociaciones secundarias desde el formiato de etilo, un sustituto del biodiésel, usando cálculos de estructura electrónica *ab initio*. Estos cálculos se llevaron a cabo utilizando los niveles de teoría MP2/cc-pvdz y CASSCF (5,4)/6-31G**.

Introducción.

La emisión constante de gases de efecto invernadero (GEI) proveniente de las actividades humanas tiene efectos perjudiciales en nuestra atmósfera, lo que conduce a un desequilibrio ambiental. Entre los efectos nocivos se incluyen el calentamiento global, las lluvias ácidas, un mayor impacto de los rayos ultravioletas y otros fenómenos que afectan nuestro entorno. La contaminación del aire causada por la industria del transporte que usa primariamente combustibles de origen mineral es un problema importante a nivel global. Una estrategia para reducir los efectos de la contaminación proveniente de esta actividad humana es el uso de biocombustibles.

Uno de estos biocombustibles es el biodiésel, el cual se caracteriza por su reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos, tanto en su producción como en su combustión. En particular, el biodiésel reduce las reacciones de descarbonilación y descarboxilación que son las principales fuentes de producción de CO y CO₂ en los motores de combustión (Schumacher L., et al., 1994). No obstante, a pesar de esta reducción, ambos gases representan desafíos por mantener el equilibrio del medio ambiente, y debe ser reducido su producción a un mínimo. Entre algunas de las estrategias para esta reducción es el implemento de convertidores catalíticos para la conversión del CO₂ y del CO en materia orgánica, O₂ y metano via fotocatalisis (Huang & Jiang, 2019), fotosíntesis artificial (Yu et al., 2019) o foto-reducción (Ali A. & Tahir M, 2018).

Sin embargo, el éxito o mejora de estas estrategias depende de conocer los mecanismos en como el CO₂ y el CO son producidos, para inmediatamente proceder a su captura. Bajo esta perspectiva, los mecanismos de producción de CO₂ y CO via disociación unimolecular del formiato de etilo, un sustituto de biodiésel. Encontramos que esta producción es posible via reacciones secundarias de descarboxilación y descarboxilación basadas en reacciones primarias estudiadas ya previamente (Hongbo Ning, et al., 2017).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

En Química Computacional, los cálculos de estructura electrónica son una herramienta fundamental para comprender el comportamiento de átomos y moléculas. En particular, el método de Hartree-Fock es uno de los métodos más utilizados para realizar estos cálculos, pues permite describir el estado electrónico del sistema a través de una función de onda única (Cuevas, G., & Cortés, F., 2003). Además, es importante tener en cuenta la correlación electrónica, que se refiere a la interacción entre electrones en un sistema y puede tener un impacto significativo en sus propiedades químicas y electrónicas. Este factor es especialmente relevante en sistemas con muchos electrones, como moléculas grandes y su consideración es esencial para una comprensión completa del comportamiento de la molécula en cuestión (Jensen, 2017). En este estudio se utilizó el método de Hartree-Fock y se contempló la correlación electrónica mediante cálculos con nivel de teoría MP2/cc-pvdz para la optimización de geometría de reactivos, productos, intermediarios y estados de transición a excepción de los cálculos “(TRANS)CH₃OCO” y “ET4”, los cuales fueron realizados con un nivel de teoría CASSCF(5,4)/6-31G**.

Los métodos MP2 (teoría de perturbación de Møller-Plesset de segundo orden) son un enfoque perturbativo que expande la función de onda electrónica en términos de la función de onda de orden cero (generalmente una función de onda de Hartree-Fock) y un operador de perturbación que contempla las interacciones electrón-electrón no incluidas en la función de onda de orden cero. Por otro lado, los métodos CASSCF (Complete Active Space Self-Consistent Field) contemplan la interacción electrón-electrón mediante el estudio de los estados electrónicos de la molécula en los que los electrones están altamente correlacionados, este método utiliza una base de funciones de onda lineal combinada (LCAO) y una función de onda completa activa que incluye todos los orbitales moleculares ocupados y una sección de orbitales no ocupados que se consideran relevantes para la descripción del sistema. Ambos métodos proporcionan resultados precisos y permiten una descripción buena de la correlación electrónica en la molécula (Lewars, 2016). Los cálculos MP2/cc-pvdz en este trabajo se realizaron mediante el software “Gaussian 09” (Gaussian, 2009) y para los cálculos CASSCF(5,4)/6-31G** se utilizó “Molpro” (MOLPRO. 2021).

Resultados y Discusión.

Los cálculos fueron realizados con un nivel de teoría MP2/cc-pvdz, a excepción de ET4 y (TRANS) CH₃OCO los cuales fueron realizados con un nivel de teoría CASSCF (5,4)/6-31G**. En azul, se destacan los canales correspondientes a las reacciones secundarias. Las geometrías optimizadas se presentan en la Figura 1.

Descarbonilación: La descarbonilación se produce como resultado de una serie de reacciones, las cuales se muestran en la superficie de energía potencial de la disociación del formiato de etilo (HCOOCH₂CH₃) en la Figura 2. Esta reacción, la cual ya ha sido estudiada por (Hongbo Ning, et al, 2017). Posteriormente, el canal de reacción continúa para formar la conformación CIS del CH₃OCO (como se muestra en la Figura 1) con una energía de 95.3 kcal/mol, y atraviesa un estado de transición (ET3) de 44.5 kcal/mol en comparación con HCOOCH₂. Para que el CH₃OCO alcance la conformación TRANS, debe pasar por un estado de transición (ET4) muy pequeño, con solo 0.6 kcal/mol. La conformación TRANS solo involucra la rotación del -CH₃.

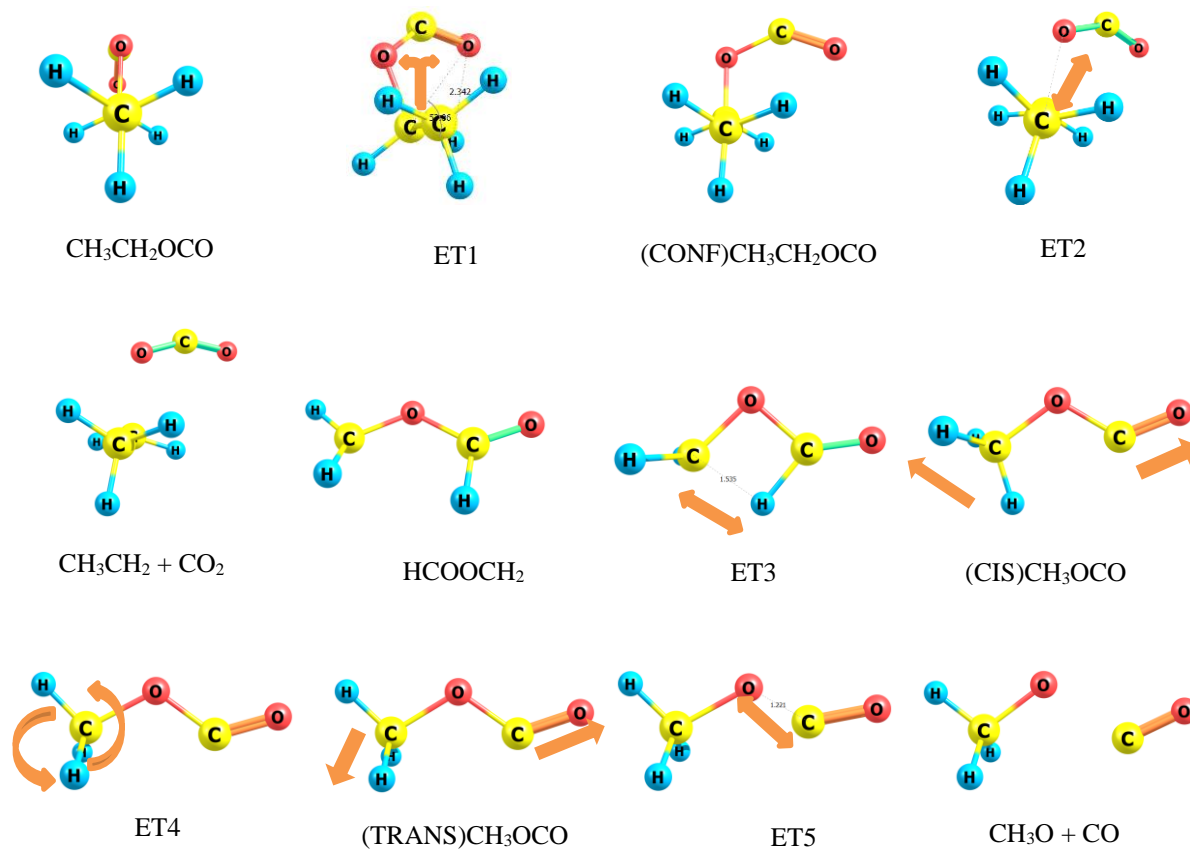


Figura 1: Geometrías optimizadas de reactivos, productos, intermedios y estados de transición (ET) a un nivel de teoría MP2/cc-pvdz. En “ET4” y “(TRANS) CH₃OCO” las geometrías están optimizadas con un nivel de teoría CASSCF (5,4) /6-31G**.

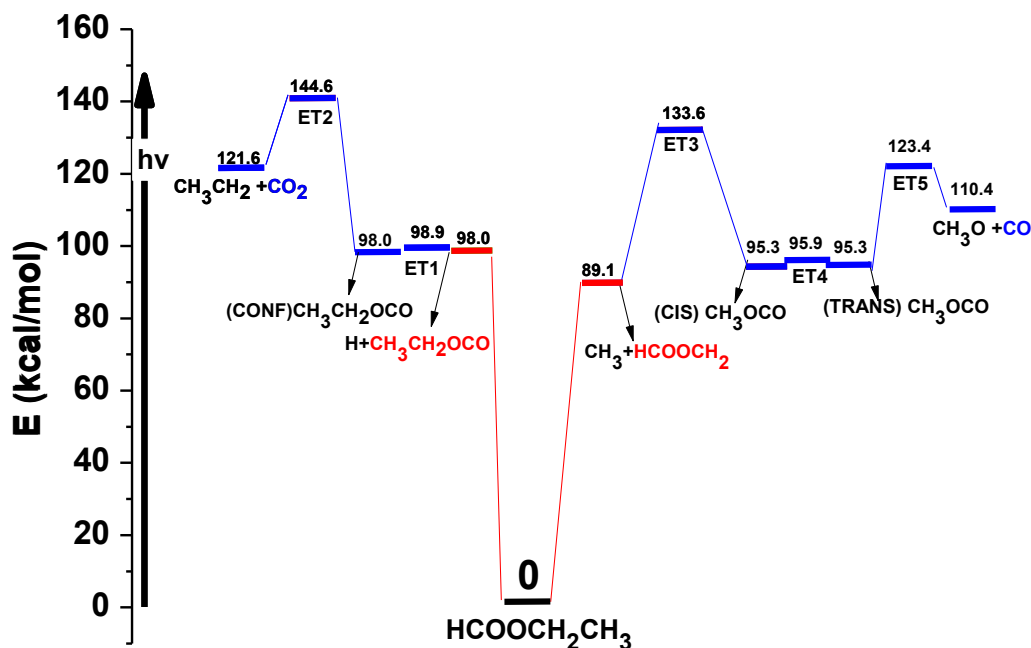


Figura 2: Superficie de energía potencial de los canales de reacción del formiato de etilo, para formar CO_2 y CO .

El canal de reacción concluye con la formación de CO y CH_3O en 110.4 kcal/mol, atravesando un estado de transición (ET5) de 28.1 kcal/mol en comparación con la conformación TRANS del CH_3OCO .

Descarboxilación: Al igual que en la descarboxilación, la descarboxilación implica una serie de reacciones que se pueden visualizar en la Figura 2. Esta figura muestra la reacción $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCO}$, la cual también ha sido estudiada previamente (Honbo Ning, et al, 2017). A partir de esta estructura, se forma la conformación "(CONF) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCO}$ " con una energía de 98.0 kcal/mol, la cual solo involucra la rotación del CO (ET1) en comparación con $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCO}$ (como se muestra en la Figura 1). La conformación "(CONF) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCO}$ " da como productos la formación de CO_2 y CH_3CH_2 , atravesando un estado de transición (ET2) de 46.6 kcal/mol en comparación con la conformación "(CONF) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCO}$ ".

La formación de CO y CO_2 en reacciones secundarias del formiato de etilo no habían sido estudiadas previamente. Sin embargo, se han realizado estudios en moléculas similares, como el 3-butenato de metilo, en los cuales se destaca la formación de CO a partir de la conformación TRANS del CH_3OCO . En el trabajo de Lam K. Huynh (2008), se observó un estado de transición de 21.5 kcal/mol (usando el nivel de teoría B3LYP/6-31G(d)), en comparación con nuestro estudio, en el que se obtuvo un valor de 28.1 kcal/mol. Asimismo, Baoshan Wang (1999) también logró obtener

la formación de CO a partir de la conformación TRANS del CH₃OCO, con un estado de transición de 21.07 kcal/mol (usando el nivel de teoría B3LYP/6-31G(d)).

En la actualidad, es bien conocido que las emisiones de CO pueden causar graves daños ambientales. Es preocupante que la formación de este producto se haya encontrado en el formiato de etilo y en el butenoato de metilo, lo que sugiere que es muy probable que se forme en otras moléculas similares presentes en el biodiésel. Por otro lado, la producción de CO₂ es un proceso común en todas las reacciones de combustión y de disociación, por lo que se deben seguir proponiendo soluciones efectivas para disminuir las emisiones de estas dos moléculas contaminantes en la combustión del biodiésel. Una solución viable es la implementación de convertidores catalíticos en los vehículos, diseñados para disminuir las emisiones de CO y CO₂. Algunos ejemplos de estos convertidores incluyen el diseño de Gamboa Sánchez (2019) y el estudio de K. C. R. Martins (2005). La implementación de estos dispositivos puede reducir significativamente las emisiones de estas dos moléculas contaminantes en la combustión del biodiésel, contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Conclusiones.

Los cálculos de estructura electrónica realizados a nivel MP2/cc-pvdz y CASSCF (5,4)/6-31G** demuestran que la disociación unimolecular de formiato de etilo, un sustituto de biodiésel, produce reacciones secundarias en fase gaseosa que resultan en la formación de CO₂ y CO a 121.6 kcal/mol y 110.4 kcal/mol, respectivamente. Estas reacciones ocurren a través de canales de reacción que incluyen 5 estados de transición (ET), conformaciones CIS y TRANS de la molécula CH₃OCO, y un confórmero del CH₃CH₂OCO. La comparación de nuestros resultados con los obtenidos previamente (Lam K. Huynh, 2008; Baoshan Wang, 1999) en que se utilizó el nivel de teoría B3LYP/6-31G(d), sugiere que existe una diferencia de aproximadamente 7 kcal/mol en el estado de transición ET5.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al apoyo financiero proporcionado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del Proyecto de Ciencia de Frontera No. 549 489.

Referencias

- Ali, A. y Tahir, M. (2019). Recent advancements in engineering approach towards design of photo-reactors for selective photocatalytic CO₂ reduction to renewable fuels. *Journal of CO₂ Utilization*, 29, 205-239. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2018.12.008>
- Chen, Y. y Mu, T. (2019). Conversion of CO₂ to value-added products mediated by ionic liquids. *Green Chemistry*, Advance Article. <https://doi.org/10.1039/C9GC00827F>
- Cuevas, G., & Cortés, F. (2003). *Introducción a la química computacional*. Fondo de cultura económica.
- Frisch M, Trucks G, Schlegel H, Scuseria G, Robb M, Cheeseman J, et. al. (2009). Gaussian 09, Revision A.02, Gaussian, Inc., Wallingford CT.

- Gamboa Sánchez, L. G. (2019). Diseño de un convertidor catalítico de baja temperatura para obtener metano sustentable a partir del CO₂ producido durante el funcionamiento de un motor de combustión interna. *Revista Tecnología Digital*, 22-24.
- Huang, J., & Jiang, Y. (2019). Tailoring Resource-Efficient Catalysts for Sustainable Energy and Chemical Processes. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(7), 6423-6423. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01472>
- Huynh, L. K., Lin, K. C., & Violi, A. (2008). Kinetic modeling of methyl butanoate in shock tube. *The Journal of Physical Chemistry A*, 112(51), 13470-13480. <https://doi.org/10.1021/jp802038a>
- Jensen, F. (2017). Introduction to Computational Chemistry. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198737942.001.0001>
- Lewars, E. (2011). Computational Chemistry: *Introduction to the Theory and Applications of Molecular and Quantum Mechanics* (3rd ed.).
- Martins, K. C. R., Pau, F. S., Silva, J. A., dos Santos, A. M., & Santos, R. F. E. (2005). Estudio del empleo de un convertidor catalítico para las emisiones gaseosas en un motor de ignición por chispa usando etanol como combustible. *Ingeniería Mecánica*, 8(1), 39-46.
- MOLPRO. (2021). Molpro, version 2021.1. University of Stuttgart, Stuttgart, Germany. <http://www.molpro.net/>
- Ning, H., Wu, J., Ma, L., Ren, W., Davidson, D. F., & Hanson, R. K. (2017). Combined ab initio, kinetic modeling, and shock tube study of the thermal decomposition of ethyl formate. *The Journal of Physical Chemistry A*, 121(35), 6568-6579. <https://doi.org/10.1021/acs.jpca.7b06202>
- Schumacher, L. G., Borgelt, S. C., Fosseen, D., Goetz, W., & Hires, W. G. (1996). Heavy-duty engine exhaust emission tests using methyl ester soybean oil/diesel fuel blends. *Bioresource Technology*, 57(1), 31-36. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00025-2](https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00025-2)
- Wang, B., Hou, H., & Gu, Y. (1999). Ab initio/density functional theory and multichannel RRKM calculations for the CH₃O+ CO reaction. *The Journal of Physical Chemistry A*, 103(40), 8021-8029. <https://doi.org/10.1021/jp9919980>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE COMPONENTES DEL BIODIÉSEL ESTEARATO DE METILO Y OLEATO DE METILO INDUCE CORROSIÓN EN SUPERFICIE DE COBRE

T. Guerra Garcia¹, Fabiola Vergara Juárez¹, J. Porcayo Calderón² y A. Quinto Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México, taniagguerra@outlook.com, fabizvj@gmail.com, alfredo.qh@zacatepec.tecnm.mx

²Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas J, Calle Av. Rosales &, Centro, 83000 Hermosillo, Sonora, México, jporcayoc@gmail.com

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ-IBQ)

Resumen: Este trabajo reporta velocidades de corrosión de Estearato de Metilo (EM) y Oleato de Metilo (OM), dos de los principales componentes del biodiésel, en superficie de cobre. EM y OM son ésteres caracterizados por un tamaño molecular similar, únicamente diferenciados por la presencia de insaturaciones C=C en el último de estos ésteres. Las velocidades de corrosión se obtuvieron por ensayos termogravimétricos por inmersión, sujetos a normas internacionales, a 100 y 180°C durante 1000 horas. La tendencia corrosiva que inducen estos ésteres resultó evidente al estimar velocidades en $60.51 \pm 1.54 \mu\text{m/año}$ y $6.50 \pm 0.83 \mu\text{m/año}$ debido al EM a 100 y 180°C, así como de $10.160 \pm 1.685 \mu\text{m/año}$ y $241.278 \pm 12.100 \mu\text{m/año}$ inducido por una solución 5% OM en EM, también a 100 y 180°C, correspondientemente. Estas velocidades permiten elucidar el efecto de la temperatura de la inmersión y de la insaturación C=C en la geometría molecular. Así mismo, se analizaron los cambios en la superficie de cobre por inspección visual. Nuestros resultados contribuyen a comprender el rol de cada uno de estos componentes en corrosión de superficies de metales, típicamente usado en la manufactura de motores de combustión.

Introducción.

El biodiésel es considerado un combustible prometedor debido a su carencia de compuestos azufrados y a su baja huella de carbono (Firoz, 2017). No obstante, no logra ser un combustible completamente útil, ya que presenta desventajas como la inexistente infraestructura de biorrefinerías productoras de biodiésel y sus propiedades fisicoquímicas, que han encauzado que su uso actual sea limitado a la de ser un aditivo de los combustibles comerciales. El biodiésel depende de la temperatura para llevar a cabo sus reacciones. Se reportaron reacciones de isomerización, polimerización, abstracción de H o radicales, y descomposición térmica de sus componentes principales a altas temperaturas (Westbrook, 2011). Este último tipo de reacciones es de importancia crucial, ya que logra producir moléculas más pequeñas (aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos pequeños, etc) que son precursoras de reacciones subsecuentes (Lai, 2011), tal como la formación de partículas o inducir corrosión en las paredes metálicas del motor.

La corrosión por biodiésel se ha estudiado en cobre a temperaturas por debajo de 100°C (Shehzad, 2021), atribuyéndose tal corrosión a la producción de carbonato de cobre (Aksoy, 2016). Esta corrosión se ha sugerido es consecuencia de la descomposición de los principales componentes del biodiésel (ésteres metílicos o etílico), vía formación de radicales RCOO*. Así, este trabajo busca estimar las velocidades de corrosión en placas de cobre usando experimentación estática de inmersión en dos de los componentes principales del biodiésel, Estearato de Metilo

y Oleato de Metilo, por lo que buscamos establecer el efecto del doble enlace C=C que diferencia a estos ésteres, así como el efecto de la temperatura de inmersión. Nuestros resultados dan indicios de cómo la descomposición térmica de estos ésteres tiene efecto en la corrosión de superficie de cobre.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Termogravimetría y velocidades de corrosión.

Los estudios termogravimétricos consistieron en la inmersión por 1000 horas de 3 placas de cobre, previamente pulidas, en el líquido conteniendo los ésteres de metilo bajo estudio. Las placas de cobre se introdujeron de manera vertical en un matraz de fondo plano o redondo de 100 mL, siendo sujetadas con un alambre de cobre, o un hilo de poliamida a la boca del matraz, los cuales contenían el medio. Se realizaron mezclas al 5% del OM en EM, para estudiar los efectos de la insaturación. Finalizadas las 1000 horas del ensayo, las placas de cobre fueron lavadas para lograr eliminar los excesos del éster. Para una limpieza más profunda se utilizó el procedimiento C.2.1. de la norma ASTM G1- 03 *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens* (Standard, 2017). La tasa de deterioro en la placa analizada, en micrómetros por año ($\mu\text{m}/\text{año}$), se determinó usando la ecuación (Standard, 2017):

$$\text{Tasa de corrosión} = 8.76 \times 10^7 \frac{w}{D \times T \times A} \quad (1)$$

Resultados y Discusión.

A. Inspección visual

A.1 Cobre expuesto a Estearato de Metilo a 100 y 180°C

La Figura 1 muestra el aspecto que obtuvieron las tres placas de cobre usadas para el ensayo en EM a 100°C, indicadas como M1-E100, M2-E100, y M3-E100. La Figura 1A corresponde a una inspección de estas placas antes de ocurrir la inmersión en el éster, una vez que estas fueran desbastadas hasta un pulido grado 600. La Figura 1B corresponde a las mismas placas expuestas al éster después de 1000 horas. El deterioro de las placas es evidente y se observa formación de una ligera capa oscura sobre sus superficies, las cuales se asocian a productos de corrosión. Las capas oscuras no fueron posible removerlas con una limpieza ordinaria, por lo que se procedió a un procedimiento estandarizado basado en norma ASTM. La Figura 1C muestra el aspecto de las mismas placas sujetas a un proceso de limpieza después de aplicar el procedimiento C.2.1. de la norma ASTM G1-03. Aquí, se puede ver claramente que el deterioro en las placas fue localizado en diferentes zonas sobre las superficies de las placas.

A) Antes de la inmersión estática



B) Después de 1000 h de inmersión



C) Después del proceso de limpieza (ASTM G1-03)



M1-E100 M2-E100 M3-E100

Figura 1. Inspección visual de las placas de cobre utilizadas para el ensayo de inmersión en Estearato de Metilo a 100°C A) antes, y B) después de las 1000 horas de inmersión, C) así como después del proceso de limpieza usando ASTM G1-03.

Los resultados de las placas de cobre inmersas en el mismo EM, pero a 180°C se detallan en la Figura 2, indicadas como M1-E180, M2-E180, y M3-E180. Al igual que en las muestras inmersas a 100°C, se presentan los resultados antes de la inmersión estática, después de 1000 horas de inmersión y al concluir el proceso de limpieza basado en ASTM G1-03. Concluido este ensayo, se observaron capas más gruesas del líquido remanente depositadas en dos de las placas, de manera no homogénea. Una vez que las placas se limpiaron con la mezcla de HCl, se observó que aparentemente la remoción de cobre no fue tan drástica como en los ensayos a 100°C. Las placas de cobre presentaron decoloraciones y daño superficial solamente.

A.2 Cobre expuesto a 5% OM en EM a 100 y 180°C

El resultado del efecto del Oleato de Metilo en este estudio se exploró inicialmente (Figura 3A) con la inspección visual de las placas de cobre que estuvieron inmersas en la mezcla 5% Oleato de Metilo en Estearato de Metilo. La Figura 3B corresponde a las placas de cobre después del ensayo a 1000 horas. Estas no presentaron adhesión alguna del líquido remanente o formación importante de productos de corrosión como ocurrió con el EM. Posteriormente a la limpieza acida (Figura 3C), se identificó que el deterioro de las placas no fue drástico, observándose zonas sólo con daño superficial ligero. Las placas de cobre que fueron sometidas a la misma mezcla OM/EM a 180°C sufrieron un daño severo como se logra observa en la Figura 4. Durante el lavado regular de estas piezas se observó desprendimiento de

fragmentos (escamas) de productos de reacción (Figura 4C). Después de la limpieza seguida con el procedimiento ASTM G1-03. Aquí, se puede notar el deterioro profundo en la superficie. Estos resultados sugieren que la presencia del doble enlace C=C en la estructura molecular del Oleato de Metilo es importante dado el marcado contraste observado con los resultados obtenidos del Estearato de Metilo, tanto a 100°C como a 180°C.

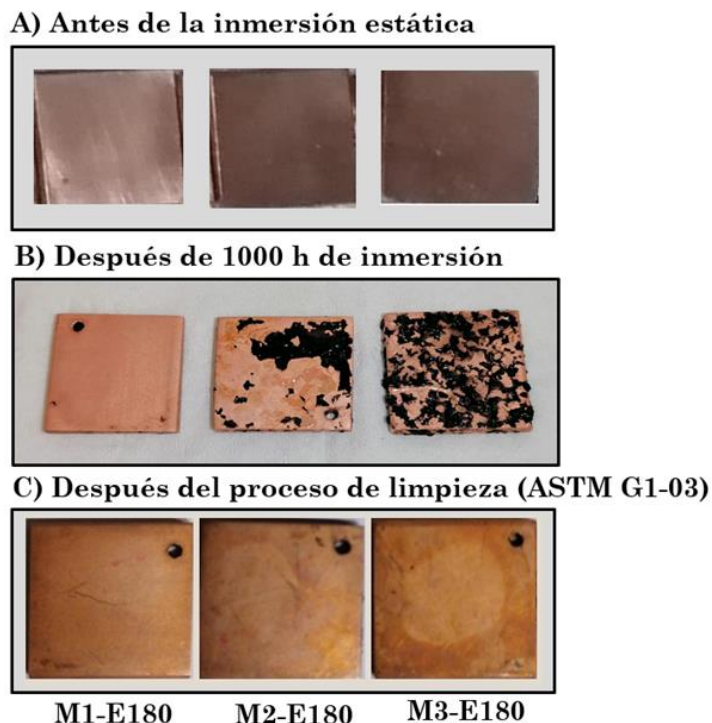
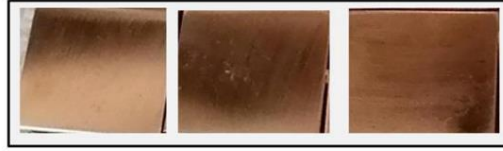


Figura 2. Inspección visual de las placas de cobre utilizadas para el ensayo de inmersión en Estearato de Metilo a 180°C a) antes, y b) después de las 1000 horas de inmersión, c) así como después del proceso de limpieza usando ASTM G1-03.

B. Termogravimetría

La Tabla 1 presenta las pérdidas de masa de las placas de cobre sometidas a estudios termogravimétricos. Tomando en cuenta los resultados de las pérdidas y el área de cada placa, se estimaron las tasas de corrosión en $60.51 \pm 1.54 \mu\text{m/año}$ y $6.50 \pm 0.83 \mu\text{m/año}$ debido al EM a 100 y 180°C, así como de $10.160 \pm 1.685 \mu\text{m/año}$ y $241.278 \pm 12.100 \mu\text{m/año}$ inducido por una solución 5% OM en EM, también a 100 y 180°C, correspondientemente

A) Antes de la inmersión estática



B) Después de 1000 h de inmersión



C) Después del proceso de limpieza (ASTM G1-03)



M1-EO100 M2-EO100 M3-EO100

Figura 3. placas de cobre utilizadas para el ensayo de inmersión en la mezcla 5% Oleato de Metilo en Estearato de Metilo a 100°C a) antes, y b) después de las 1000 horas de inmersión, c) así como después del proceso de limpieza ASTM G1-03.

A) Antes de la inmersión estática



B) Después de 1000 h de inmersión



C) Después del proceso de limpieza (ASTM G1-03)



M1-EO180 M2-EO180 M3-EO180

Figura 4. Placas de cobre utilizadas para el ensayo de inmersión en la mezcla 5% Oleato de Metilo en Estearato de Metilo a 180°C a) antes, y b) después de las 1000 horas de inmersión, c) así como después del proceso de limpieza ASTM G1-03

Tabla 1. Tasas de corrosión de las placas de cobre sometidas a inmersión de Estearato de Metilo y 5% Oleato de Metilo en Estearato de Metilo a 100 y 180°C.

Estearato de Metilo							
100°C				180°C			
Muestra	Pérdida de masa (g)	Área (cm²)	Tasa de corrosión (mm/año)	Muestra	Pérdida de masa (g)	Área (cm²)	Tasa de corrosión (µm/año)
M1-E100	0.057	3.49	160.035	M1-E180	0.005	3.49	14.038
M2-E100	0.055	3.59	150.119	M2-E180	0.006	3.51	16.750
M3-E100	0.055	3.47	155.310	M3-E180	0.007	3.53	19.431

5% Oleato de Metilo en Estearato de Metilo							
100°C				180°C			
Muestra	Pérdida de masa (g)	Área (cm²)	Tasa de corrosión (µm/año)	Muestra	Pérdida de masa (g)	Área (cm²)	Tasa de corrosión (µm/año)
M1-EO100	0.004	3.45	11.361	M1-EO180	0.086	3.62	232.786
M2-EO100	0.003	3.57	8.234	M2-EO180	0.091	3.57	249.770
M3-EO100	0.004	3.60	10.887	M3EO180	0.010	3.58	27.370

Conclusiones.

En general, la inspección visual de las placas de cobre sugiere que el deterioro en sus superficies fue mayor en donde la tasa de corrosión también lo fue. De especial atención fueron las placas inmersas en 5% Oleato de Metilo a 180°C, donde se presentó un desprendimiento de escamas de cobre. El análisis termogravimétrico sugiere que las tasas de corrosión en placas de cobre fueron afectadas por la variación de la temperatura de los ensayos y la insaturación de los ésteres. En EM, la corrosión en cobre fue mayor a 100°C (60.51 ± 1.54 µm/año), disminuyendo cuando se sometió a 180°C (6.50 ± 0.83 µm/año). En la mezcla 5% Oleato de Metilo en Estearato de Metilo, la tendencia fue, al contrario. Las tasas de corrosión se incrementaron al aumentarse la temperatura, pues a 100°C se estimó en 10.160 ± 1.685 µm/año, y a 180°C, en 241.278 ± 12.100 µm/año. Estos resultados guardan buena relación con las observaciones hechas por inspección visual.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al apoyo financiero proporcionado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del Proyecto Ciencia de Frontera No. 549 489.

Referencias

- Aksoy, F. (2016). Alkaline catalyzed biodiesel production from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) oil: Optimization of parameters and determination of fuel properties. . *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 38(6), , 835-841. DOI:10.1080/15567036.2013.807319
- Firoz, S. (2017). A review: advantages and disadvantages of biodiesel. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 530-533.
- Lai, J. Y. (2011). Biodiesel combustion: advances in chemical kinetic modeling. *Progress in energy and combustion science*, 37(1), 1-14. DOI:10.1016/j.pecs.2010.03.001
- Shehzad, A. A. (2021). Current research and development status of corrosion behavior of automotive materials in biofuels. . *Energies*, 14(5), 1440. doi:10.3390/en14051440
- Standard, A. (2017). G1-03 e1, Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. *In Annual book of ASTM standards*.
- Westbrook, C. K. (2011). Detailed chemical kinetic reaction mechanisms for soy and rapeseed biodiesel fuels . *Combustion and Flame*, 158(4), 742-755. doi:10.1016/j.combustflame.2010.10.020

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

EPOXIDACIÓN DE ACEITE DE PULIDURA DE ARROZ REFINADO

E. D. Flores-Barrera¹, J. Zúñiga-Díaz¹, M. E. Acevedo-Quiroz¹ y A. Quinto-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. C. P. 62780.- damaariss.fb@outlook.com, jacqueline.zd@zacatepec.tecnm.mx, macdiel.aq@zacatepec.tecnm.mx, alfredo.qh@zacatepec.tecnm.mx,

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ-IBQ)

Resumen: La presente investigación reporta la posibilidad de utilizar aceite de pulidura de arroz (APA), un subproducto agroindustrial de bajo aprovechamiento. El APA se sometió a una epoxidación químico-enzimática basada en la enzima Novozym 435, en presencia de peróxido de hidrógeno (H₂O₂). Para monitorear la evolución de la epoxidación del aceite refinado, se recurrió a caracterización fisicoquímica usando índice de yodo (IY), con el fin de determinar la presencia de insaturaciones presentes en los triglicéridos del APA; índice de saponificación (IS), para evaluar los cambios en el aumento/decremento en el peso molecular; y el contenido de oxígeno-oxirano (COO), para identificar la formación del anillo epoxi C-O-C. Análisis de Espectroscopia Infrarroja de Transformada de Fourier (FTIR) permitió confirmar una epoxidación efectiva del APA.

Introducción.

La biorrefinación es el concepto utilizado para aprovechar la biomasa, y transformarla a productos químicos de importancia industrial, tales como los biocombustibles o los productos de alto valor agregado. La biomasa se refiere a aquella originada a partir de residuos oleosos, cultivos oleaginosos, residuos forestales o agroindustriales, entre otros (Ng et al., 2014). De acuerdo a las características fisicoquímicas y estructurales de la biomasa, se diseña y planifica su biorrefinación. La pulidura del arroz (*Oryzae Sativa L.*) o APA, proveniente de la agroindustria del arroz, se extrae de la película existente entre la cascarilla y el grano (Bhosale & Vijayalakshmi, 2015). Aunque es destinada mayoritariamente como alimento para ganado, la pulidura de arroz se puede considerar como una fuente de aceite debido a su alto contenido oleico (Zúñiga-Díaz et al., 2017), destinado al consumo humano y como reactivo para sintetizar biodiésel (Zúñiga-Díaz et al., 2018). Sin embargo, el uso del APA no es masiva, y su exploración para obtener productos químicos finos es limitado. La refinación de APA consiste en la purificación del APA crudo con el fin de obtener una alta composición de triglicéridos eliminando ceras, orizanol, y otros componentes con presencia de insaturaciones (Garba et al., 2017). Los triglicéridos del APA se caracterizan por presentar insaturaciones C=C, que son heredados de los ácidos grasos constituyentes, entre los que se incluyen los ácidos palmítico, oleico y linoleico (Juliano, 1993). La funcionalización de aceites para transformarlos a otros productos se logra por inserción de grupos orgánicos funcionales. Esto se logra a través del ataque a los enlaces C=C de la porción grasa, pues la inserción de estos grupos funcionales proporcionará propiedades físicas y químicas deseables en productos usados por la industria. La epoxidación es el ataque al doble enlace para la formación del grupo oxirano de monómero epoxi; es decir, un átomo de oxígeno es insertado en la insaturación formando un ciclo C-O-C. Este grupo oxirano puede reaccionar con diferentes agentes para funcionalizar los triglicéridos, como ácidos orgánicos,

fenoles, aminas, amida, anhídridos, grupos aromáticos, y tioles, entre otros. La reacción fundamental incluye la apertura del anillo, seguido de formación de monómeros utilizables para diferentes reacciones de polimerización (Pascault & Williams, 2009).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Caracterización de aceites: IY, IS, COO y FTIR

Mediciones de IY (Firestone, 1998a), IS (Firestone, 1998b) y COO (ASTM, 2004) se realizaron por triplicado para ambas muestras de APA y de Aceite epoxidado (eAPA). También, las muestras se analizaron por FTIR usando un espectrofotómetro FTIR-ATR Perkin Elmer Modelo *Spectrum One* en el rango 4000 a 400 cm^{-1} . IY indica la cantidad de yodo absorbido por 100 g del aceite, y es una medida de su nivel de insaturación. IS es la cantidad de miligramos de KOH necesario para saponificar 1 gramo de aceite, con el cual se puede obtener el peso molecular promedio del aceite. Por último, el COO es la cantidad de oxígeno oxirano insertable en C=C durante la reacción de epoxidación. Así, COO permite medir directamente la cantidad de grupos oxirano presentes.

Epoxidación del APA

Síntesis de eAPA fue posible al incorporar 12.0 g de APA, 0.98 g de ácido oleico, 2.5 g de la lipasa Novozym 435 (Ortiz et al., 2019) en 52.84 g de tolueno como disolvente. Después de un mezclado de 2 horas a 49°C, se incorporaron gota a gota 62.77 g de H_2O_2 (30%), seguido de un mezclado suave reaccionar durante 24 horas. Novozym 435 se recuperó de la mezcla resultante usando filtración al vacío con enjuagues repetidos de tolueno. La mezcla obtenida fue lavada en varias ocasiones con agua destilada, así generando una capa orgánica la cual se mezcló durante ~1 hora con Na_2SO_4 anhidro en proporción 10:1. Esto permitió eliminar humedad y H_2O_2 no reaccionado. Los sólidos se recuperaron por filtración al vacío (Petrović et al., 2002).

Resultados y Discusión.

Caracterización fisicoquímica: IY, IS, PM y COO

La Tabla 1 muestra las mediciones del IY, IS, pesos moleculares (PM) y COO para el APA y eAPA en ambos aceites. Se obtuvo un IY de APA en 90.40 ± 0.67 , valor en acuerdo con reportes previos para APAs de diferentes regiones geográficas (IY = 90 (Gupta et al., 2016), 91.38 (Zúñiga-Díaz et al., 2017), y 95.40 (Hanmoungjai et al., 2000)). Concluida la epoxidación, el IY se estimó en 11.61 ± 0.12 , equivalente a una reducción de ~12%. sugiriendo una pérdida significativa de C=C, debido a la epoxidación enzimática de H_2O_2 /Novozym 435. El IY de eAPA crudo se ha reportado anteriormente en ~32.2 (Gupta et al., 2016), usando estrategias enteramente químicas y no enzimáticas, indicando así que el proceso basado en Novozym 435 es más eficiente. El IS promedio para nuestro APA refinado se determinó en 191.58 ± 3.92 , también congruente con los anteriores reportes en 182.35 (Zúñiga-Díaz et al., 2017) y 178.18 (Hanmoungjai et al., 2000). Con este IS se estimó un peso molecular del APA refinado en 878.50 g/gmol, que es menor que otras

estimaciones de APA crudo (923.36 g/gmol, (Zúñiga-Díaz et al., 2017)), efecto posiblemente asociado a la ausencia de los componentes eliminados durante la refinación del APA. El cálculo de peso molecular a partir del IS para eAPA (171.90±4.62) fue de 979.14 g/gmol. La diferencia de pesos moleculares entre eAPA y APA sugiere que la estructura que cada triglicérido resultó epoxidado por la inserción en promedio de 6 átomos de oxígenos para formar anillos epoxi, evidencia que resulta consistente con el decremento significativo del IY en el eAPA.

Tabla 1. IY, IS, PM y COO del APA refinado y eAPA.

Muestra	APA	eAPA
IY (g I ₂ /100g)	90.40±0.67	11.61±0.12
IS (mg KOH/g)	191.58±3.92	171.90±4.62
PM (g/gmol)	878.50	979.14
COO	0.07±0.02	5.60±0.65

Finalmente, la evolución del COO permitió monitorear directamente la aparición o desaparición de los grupos epoxi. El COO en APA refinado se determinó en 0.07±0.02, verificándose que en la muestra inicial hay ausencia de anillos epoxi u oxirano. El COO de APA crudo se ha reportado en 0.68 (Gupta et al., 2016), por lo que nuestra determinación resulta comparable. Concluida la epoxidación, el COO en eAPA se incrementó 8.2 veces (5.60±0.65) en comparación con el del APA refinado. Un incremento similar se ha reportado en 4.7 veces en APA crudo usando epoxidación química (Gupta et al., 2016), implicando nuevamente que la lipasa Novozym 435 mejora el rendimiento de una epoxidación.

Análisis de Espectroscopia infrarroja

La Figura 1 muestra los espectros FTIR obtenidos de APA refinado y eAPA. El espectro FTIR del APA refinado se encuentra en acuerdo con trabajos publicados (Silverstein & Bassler, 1962; Zúñiga-Díaz et al., 2017). La señal en 3008 cm⁻¹ se atribuye a la vibración de estiramiento de los enlaces =C-H. Así mismo, se observan señales de estiramiento asimétrica de -CH₃ en 2923 cm⁻¹, y de estiramiento simétrico de -CH₂ en 2853 cm⁻¹. La banda fuerte en 1743 cm⁻¹ proviene del grupo C=O del APA; así como las bandas en 1464 y 1161 cm⁻¹ se atribuyen a las vibraciones de flexión de CH₂ y al estiramiento C-O-O. Finalmente, la señal en 721 cm⁻¹ es resultado de la superposición de la vibración de balanceo de metileno con la vibración de flexión fuera del plano de las olefinas cis-disustituidas (-HC=CH-) (Guillen & Cabo, 1997; Lerma-García et al., 2010). En el espectro FTIR del eAPA aparece una señal en región 842-824 cm⁻¹, atribuida al grupo epoxi de acuerdo a valores ya reportados (Petrović et al., 2002).

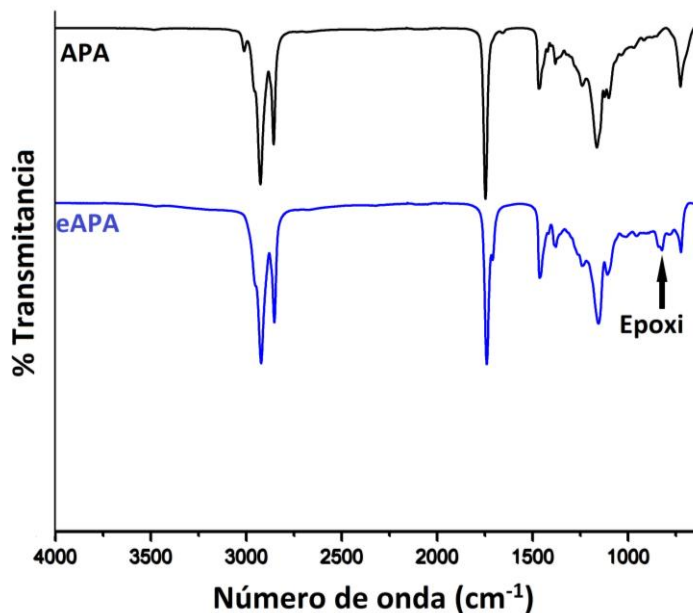


Figura 1. Espectros FTIR del aceite de pulidura de arroz refinado (APA, línea continua negra), y epoxidado (eAPA).

Conclusiones.

Reportamos la epoxidación del APA usando una estrategia químico-enzimática basada en la lipasa Novozym 435. La eficiencia de la epoxidación se monitoreó via IY, IS, PM, COO y Espectroscopia FTIR. Nuestros resultados observan congruencia al notar un decremento del IY (90.40 ± 0.67) del APA refinado a (11.61 ± 0.12) del eAPA. Similarmente, se estimó el IS para calcular PM para el APA y eAPA en 878.50 y 979.14 g/gmol; respectivamente. Esto sugiere la inserción de 6 átomos de oxígeno oxirano en las insaturaciones C=C de los triglicéridos después de la epoxidación. La determinación del COO permite identificar un aumento de 0.07 ± 0.02 del APA refinado, a 5.60 ± 0.65 del eAPA, verificando la presencia del grupo oxirano. Por último, el estudio FTIT permitió confirmar que se llevó a cabo la epoxidación usando Novozym 435, la cual resultó en una estrategia eficiente en comparación con otros reportes.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al apoyo financiero proporcionado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM), a través del Proyecto de Investigación Científica No. 13131.21-P.

Referencias

- ASTM. (2004). D1652-97; Standard test methods for epoxy content of epoxy resins. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA.
- Bhosale, S., & Vijayalakshmi, D. (2015). Processing and nutritional composition of rice bran. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 3(1), 74-80. <https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.3.1.08>
- Firestone, D. E. (Ed.). (1998a). AOCs, Method 920.158 (15th ed.). American Oil Chemists' Society.

- Firestone, D. E. (Ed.). (1998b). AOCs, Method 920.160 (15th ed.). American Oil Chemists' Society.
- Garba, U., Singanusong, R., Jiamyangyuen, S., & Thongsook, T. (2017). Extraction and utilization of rice bran oil: A review. *safety*, 17, 24.
- Gupta, N. K., Yadav, P. K. S., Eadara, R., & Singh, R. P. (2016). Synthesis of epoxy resin from waste ricebran oil. *Polymers from Renewable Resources*, 7(1), 21-32. <https://doi.org/10.1177/204124791600700103>
- Hanmoungjai, P., Pyle, L., & Niranjan, K. (2000). Extraction of rice bran oil using aqueous media. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 75(5), 348-352. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4660\(200005\)75:5<348::AID-JCTB233>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(200005)75:5<348::AID-JCTB233>3.0.CO;2-P)
- Juliano, B. O. (1993). Rice in human nutrition. *Int. Rice Res. Inst.*
- Ng, K. S., Hernandez, E. M., & Sadhukhan, J. (2014). Biorefineries and chemical processes: design, integration and sustainability analysis. John Wiley & Sons.
- Ortiz, C., Ferreira, M. L., Barbosa, O., dos Santos, J. C. S., Rodrigues, R. C., Berenguer-Murcia, Á., Briand, L. E., & Fernandez-Lafuente, R. (2019). Novozym 435: the "perfect" lipase immobilized biocatalyst? *Catalysis Science & Technology*, 9(10), 2380-2420. <https://doi.org/10.1039/C9CY00415G>
- Pascault, J.-P., & Williams, R. J. J. (2009). Epoxy polymers: new materials and innovations. John Wiley & Sons.
- Petrović, Z. S., Zlatanić, A., Lava, C. C., & Sinadinović-Fišer, S. (2002). Epoxidation of soybean oil in toluene with peroxyacetic and peroxyformic acids—kinetics and side reactions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(5), 293-299. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200205\)104:5<293::AID-EJLT293>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200205)104:5<293::AID-EJLT293>3.0.CO;2-W)
- Silverstein, R. M., & Bassler, G. C. (1962). Spectrometric identification of organic compounds. *Journal of Chemical Education*, 39(11), 546. <https://doi.org/10.1021/ed039p546>
- Zuñiga-Díaz, J., Reyes-Dorantes, E., Quinto-Hernandez, A., Porcayo-Calderon, J., Gonzalez-Rodriguez, J. G., & Martinez-Gomez, L. (2018). Biodiesel from "Morelos" rice: synthesis, oxidative stability, and corrosivity. *Journal of Chemistry*, 2018, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2018/4595130>
- Zúñiga-Díaz, J., Reyes-Dorantes, E., Quinto-Hernandez, A., Porcayo-Calderon, J., Gonzalez-Rodriguez, J. G., & Martinez-Gomez, L. (2017). Oil extraction from "Morelos Rice" bran: Kinetics and raw oil stability. *Journal of Chemistry*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/3837506>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

FOTODISOCIACIÓN DEL SUSTITUTO DE BIODIÉSEL ACETATO DE ETILO ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$) A 193 NM

P. Beltrán-Rosales¹, D. Ochoa-Resendiz¹, J. Porcayo-Calderón², y A. Quinto-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México. mg11091275@zacatepec.tecnm.mx, ochoadr@gmail.com, alfredo.qh@zacatepec.tecnm.mx.

²Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas J, Calle Av. Rosales &, Centro, 83000 Hermosillo, Sonora, jporcayoc@gmail.com

Área de participación: PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS (IQ-IBQ)

Resumen: Reportamos en este trabajo la producción del fragmento $m/z = +15$ (CH_3) en la fotodisociación del Acetato de Etilo (AE, $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$) a 193 nm, utilizando Espectroscopia Translacional de Fotofragmentación (ETF) basada en VUV (*Vacuum Ultraviolet*) radiación sincrotrón. La detección de CH_3 es relevante pues da indicios de la presencia de cómo se produce, incluyendo a partir de disociaciones de 3 cuerpos en sustitutos de biodiésel etilos. Los sustitutos de biodiésel son moléculas molecularmente análogas a la de los componentes reales del biodiésel, un biocombustible bien conocido proveniente de la esterificación de aceite vegetales o grasas animales. Las reacciones de disociación aparecen antes y durante la combustión del biodiésel, y permanecen inexploradas debido a la química complejidad de este sistema. Las reacciones de disociación son relevantes pues pueden tener efectos en la formación de partículas (hollín) o de sustancias que inducen corrosión en las superficies metálicas del motor. Así, el presente trabajo proporciona evidencia experimental de la producción del radical $\bullet\text{CH}_3$ desde AE, a partir de medir su velocidad promedio, seguido de establecer distribuciones de liberación energía translacional ($P(E_T)$) de canales primarios y secundarios conteniendo CH_3 . La asignación de estos canales se logró a partir de una superficie de energía potencial previamente reportada.

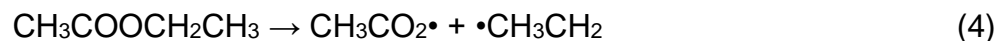
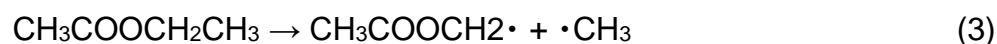
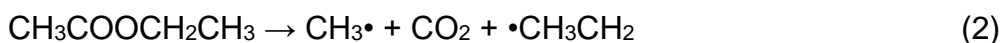
Introducción.

Los estudios de disociación molecular en biodiésel son raros. Hasta ahora, los estudios que involucran su disociación residen en sus moléculas sustitutas o modelo. Estas moléculas son ésteres más pequeños, que cuentan con características estructurales químicas similares a los “reales” en el biodiésel, por lo que pueden utilizarse para simular sus reacciones químicas.

Dos clases principales de estudios se han usado para explorar la descomposición de esta clase de moléculas, cálculos basados en diferentes niveles de estructura electrónica y determinaciones experimentales usando técnicas como pirólisis y haces moleculares (espectroscopia translacional de fragmentación). La degradación unimolecular se ha establecido teóricamente para una cantidad selecta de ésteres sustitutos, tales como el Butanoato de Metilo, Butanotato de Isopropilo y Propanoato de Etilo. Estos estudios se han basado en métodos *ab initio* y de teoría funcional de la densidad (DFT). Las rutas encontradas son numerosas e incluyen mecanismos de cómo ocurre la descarboxilación, así como la energética y generación de moléculas corrosivas como ácidos orgánicos y cetonas, a través de canales de disociación primaria y secundaria. Por otro lado, los reportes experimentales basados en pirólisis o haces moleculares son los que principalmente se han empleado para expandir o confirmar las predicciones hechas por los cálculos teóricos. Los trabajos basados en pirólisis consisten en el uso de calor directamente

en las muestras bajo estudio, para posteriormente detectar los productos de las reacciones con detectores basados en espectrometría de masas o de cromatografía de gases (Hints et al., 1988). A través de pirólisis se ha estudiado la descomposición de ésteres de metil butanoato y ésteres “reales” del biodiesel, lo cual ha llevado a postular sus mecanismos de reacción inducidos por calor.

El trabajo teórico sobre la disociación de AE reporta la identificación de canales de disociación primarios estudiados en varios niveles de teoría (CCSD(T), GBS-QB3, MP2 y B3LYP), reportando la liberación de radicales etilo y metilo (Saheb & Hosseini, 2013). Nuestro trabajo confirma la predicción de estos canales de disociación del AE a 193 nm en condiciones libre de colisión, encontrándose las siguientes vías de descomposición,



Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La investigación actual de la fotofragmentación de EA se realizó mediante espectroscopia traslacional de fotofragmentación basada en radiación de sincrotrón VUV utilizando un instrumento de haz molecular cruzado. Está ubicado en la Estación Experimental BL21A en el Centro Nacional de Investigación de Radiación Sincrotrón (NSRRC) en Hsinchu, Taiwán.

Se encuentra disponible una versión de la maquina (Lin et al., n.d.) el experimento consistió en preparar de un haz molecular 10% de $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ en Helio que cruzó ortogonalmente un haz monocromático de fotones ($\lambda=193$ nm). El haz de fotones fue generado por un láser excimer ArF. El instrumento de haz molecular es un dispositivo que contiene tres cámaras: una cámara fuente (donde se genera el haz molecular), la cámara de reacción (en donde ocurre la fotodisociación) y la cámara de detección. En la cámara fuente se sitúa una válvula Even-Lavie que permite generar el haz molecular y dirigirla hacia la cámara de reacción, la cual, se fija a un vacío de $\sim 1 \times 10^{-8}$ Torr. La válvula se calentó a 100 °C para evitar la formación de agregados. Después de magnificar el haz molecular, se manipuló colimándolo con una boquilla y alineándolo con el eje de detección sobre el rango angular del laboratorio $\theta = 20^\circ$ a 60° . El haz láser mostro una sección transversal de 8.5×3.5 mm² (largo por ancho), con cantidades de energía de hasta 2 mJ/pulso a una velocidad de repetición de 25 Hz. Ocurrida la fotólisis los productos que

aparecieron volaron una longitud de 10.05 cm para ionizarse en la cámara de detección, la cual, se mantuvo a un vacío de $\sim 1 \times 10^{-11}$ Torr. La estación BL21A proporcionó radiación VUV en un rango de $\sim 7 - 17$ eV, el cual se suministró en la cámara de detección. Esta cámara sirve para suministrar nitrógeno líquido al detector para reducir el ruido de detección.

Después de la fotoionización con radiación sincrotrón, los fragmentos fueron seleccionados utilizando un cuádruplo de espectrometría de masas (QMS), a través de la relación masa-a-carga elegida. Los fragmentos fueron detectados con un contador de iones tipo Daly, y la señal resultado de la amplificación con un escalador multicanal conectado a una interfase computacional. Los datos fueron ajustados con el programa CMLAB3.

Resultados y Discusión.

La Figura 1, muestra el espectro TOF de $m/z=+15$ (CH_3^+), a un ángulo de laboratorio $\Theta_{\text{lab}}=30^\circ$. Los datos experimentales se presentan como círculos negros abiertos. El ajuste total de los datos recolectados corresponde a la línea negra mostrada sobre los datos experimentales. El espectro sugiere que varias reacciones que producen CH_3^+ están ocurriendo en la fotólisis a 193 nm. Usando CMLA3 se creó la distribución de liberación de energía translacional ($P(E_T)$) para la reacción (1),. Esta distribución permitió determinar la contribución de formación de CH_3^\bullet por este canal (línea continua azul en Figura 1). De manera similar se crearon las contribuciones para reacción (2) (línea roja), reacción (3) (línea verde) y reacción (4) seguida de (5). Estas contribuciones sugieren que tres canales primarios y uno secundario producen CH_3 a partir de AE. Como diagrama de distribución de energía $P(E_T)$ representativa, se representa la que permite identificar la disociación de 3 cuerpos de la reacción (2) (Figura 2).

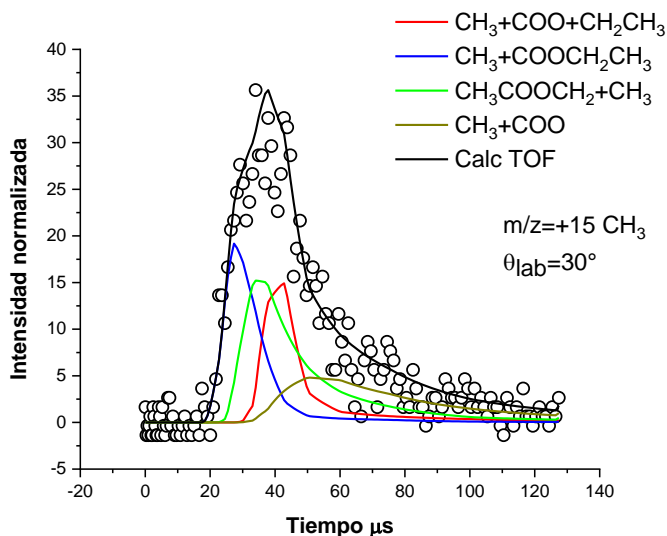


Figura 1. Espectro TOF (tiempo de vuelo) para el fragmento $m/z=+15$ proveniente de la fotodisociación del Acetato de Etilo a 193 nm.

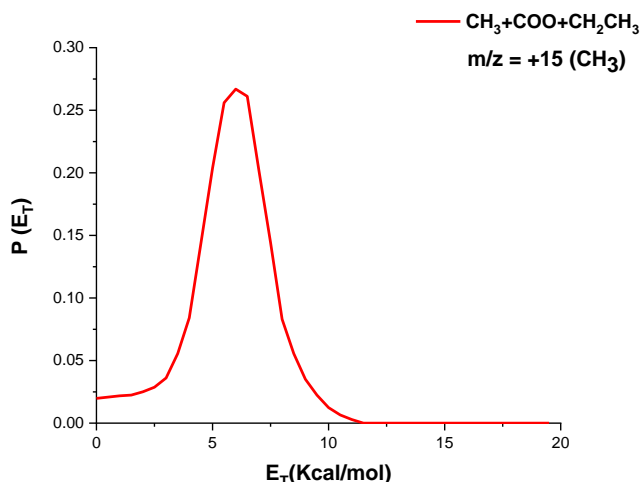


Figura 2. Distribución de energía Traslacional del canal primario en reacción (2).

Conclusiones.

Los estudios de fotofragmentación de AE a 193 nm en condiciones libres de colisión usando ETF basada en radiación sincrotrón sugieren que la producción del radical $\bullet\text{CH}_3$ ocurre vía tres canales primarios y uno secundario, indicados como reacciones (1) - (5). La producción de este radical puede permitir explicar mecanismos de reacción para producir radical CH_3 , de gran importancia para explicar reacciones de 3 cuerpos, difícilmente vistos en dinámica química de reacciones.

Agradecimientos.

Agradecemos el apoyo científico y técnico brindado por el NSRRC durante el desarrollo del trabajo experimental, en especial al Profesor Shih-Huang Lee. También agradecemos el apoyo financiero proporcionado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del Proyecto Ciencia de Frontera No. 549 489.

Referencias

- Hints, E. J., Wodtke, A. M., & Lee, Y. T. (1988). Infrared Multiphoton Dissociation of Ethyl and Methyl Acetate. In *J. Phys. Chem.*
- Lin, J. J., Chen, Y., Lee, Y. Y., Lee, Y. T., & Yang, X. (n.d.). *Photodissociation dynamics of CH₃Cl at 157.6 nm: Evidence for CH₂δ⁻ + X + 3 B 1 = a + 1 A 1 P + HCl product channels.* www.elsevier.com/locate/cplett
- Saheb, V., & Hosseini, S. M. A. (2013). Theoretical studies on the kinetics and mechanism of multi-channel gas-phase unimolecular reaction of ethyl acetate. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1009, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2012.12.030>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

DISEÑO DE UN ACTUADOR A TRAVÉS DE UN MATERIAL COMPUESTO ELECTROACTIVO POLIMÉRICO A PARTIR DE Cs/PPy/NaCl Y Cs/PPy/PVA/NaCl

D. Albarrán-Campos¹, E. García-Hernández¹, R. Salgado-Delgado¹ y A. Olarte-Paredes¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- mg11090237@zacatepec.tecnm.mx, edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx, rene.sd@zacatepec.tecnm.mx, alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: En esta investigación se obtuvieron materiales inteligentes, utilizando el método de casting para generar dos materiales compuestos electroactivos; Cs/PPy/CNT/NaCl y Cs/PPy/CNT/PVA/NaCl los cuales están conformados por dos capas externas de Cs/PPy (5%)/CNT (0.05%) que cumplen la función de electrodos y una capa central de Cs/NaCl (0.1%) o Cs/PVA (1%), como material electrolítico. La interacción de estos materiales al ser sometidos a un campo eléctrico genera un movimiento en el material debido al desplazamiento de sus iones.

Introducción.

En los últimos años han aparecido un conjunto de materiales cuyas propiedades, sustancialmente distintas de los materiales utilizados tradicionalmente en los diferentes campos de la ingeniería han hecho que nos refiramos a ellos como materiales inteligentes. (Moreno et al, 2009)

Los materiales inteligentes, denominados también multifuncionales, son aquellos que tienen la capacidad de cambiar sus propiedades mecánicas o físicas en presencia de un estímulo concreto. Los materiales inteligentes más comunes pueden clasificarse en:

- Materiales con memoria de forma
- Materiales electro y magnetoactivos
- Materiales foto y cromóactivos

Los materiales electro y magnetoactivos cambian sus propiedades físicas cuando se someten a un campo eléctrico y magnético, respectivamente.

Dentro de esta clasificación están los materiales piezoeléctricos, los materiales electro y magnetostrictivos, y los materiales electro y magnetoreológicos. (Arias y Vanegas, 2004).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se incorporaron a las soluciones de PVA (Polivinil alcohol) y Cs (Quitosano) por agitación electromagnética a temperatura ambiente; las concentraciones de PPy (Polipirrol) y NaCl (Cloruro de Sodio) y NTC (Nanotubos de Carbono) mencionadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de trabajo de los materiales electroactivos.

	PVA	PPy	Cs	NaCl	NTC
Cs / PPy	-	0.25 g	5 ml	-	0.025 g
PVA / NaCl	5 ml	-	-	0.05 g	-
Cs / NaCl	-	-	5 ml	0.005 g	-

Posteriormente se obtuvieron películas por el método de “casting”; las soluciones formadoras de películas PVA/NaCl (1%), Cs/NaCl (0.1%) y Cs/PPy (5%)/NTC (0.05%) se colocaron sobre recipientes rectangulares de vidrio con medidas 12x 15 cm, dejando secar por un tiempo de 72 h a temperatura ambiente. Para el caso de las películas que contenían Cs, se agregó un 2.5% de plastificante (Glicerol) a la solución.

Transcurrido el tiempo de secado se despegó la película de los recipientes, teniendo cuidado de no producir deformaciones a la película, y de esta forma no afectar sus propiedades mecánicas.

Posteriormente se elaboraron los materiales electroactivos multicapa, los cuales consisten en una película central de Cs/NaCl 0.1% ó PVA/NaCl 1% una película de material compuesto Cs/PPy 5%/NTC 0.05% en la cara superior de la película central y otra en la cara inferior, las cuales se unieron para el caso de los materiales con película central de PVA/NaCl 1% agregando agua destilada por aspersion sobre las superficies de contacto entre ellas.

Para lograr la unión de los materiales electroactivos multicapa con película central Cs/NaCl 0.1% se recubrieron las superficies de contacto entre ellas con una fina capa de Cs en disolución utilizando una brocha. Obteniendo dos materiales electroactivos de tipo iónico diferentes, Figura 1.

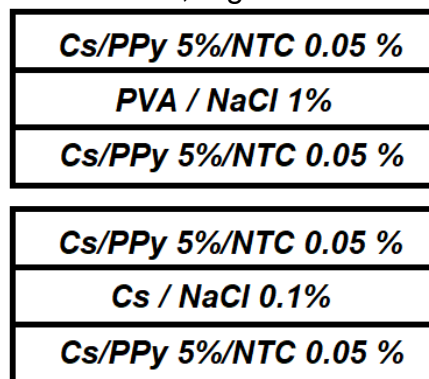


Figura 1. Configuración de los materiales electroactivos multicapa: Cs/ PPy 5%/NTC 0.05% con películas centrales de Cs /NaCl 0.1% y PVA /NaCl 1%.

Posteriormente las biopelículas se sometieron a caracterización mediante análisis morfológico por SEM (Microscopio Electrónico de Barrido), análisis FTIR (Análisis Infrarrojo por Transformada de Fourier), así como a ensayos de respuesta electroactiva de ambos materiales. Para evaluar la respuesta electromecánica de

los materiales electroactivos Cs/PPy/NaCl y Cs/PPy/PVA/NaCl estos se cortaron en probetas de 20 mm de largo 3 mm de ancho y con espesor promedio de 1 mm (Mutlu et al., 2013); se colocaron de uno en uno en un portaelectrodos, se colocó papel milimétrico a un costado de la probeta a ensayar para visualizar su desplazamiento, posteriormente se sometieron a un campo eléctrico de 5, -5, 3, -3,1.5 y -1.5 V durante 3 minutos para cada voltaje; y utilizando un microscopio electrónico se registró su movimiento para de esta forma obtener datos de su desplazamiento tomando en cuenta solo la punta de la probeta.

Resultados y Discusión.

Caracterización Morfológica mediante análisis SEM

La microscopía electrónica de barrido, se realizó con un microscopio de electrones Marca Jeol adhiriendo las muestras a una cinta conductiva de carbón utilizando un bombardeo de electrones con 3 keV para las micrografías, estas condiciones permiten realizar SEM sin recubrir las muestras con un material conductor.

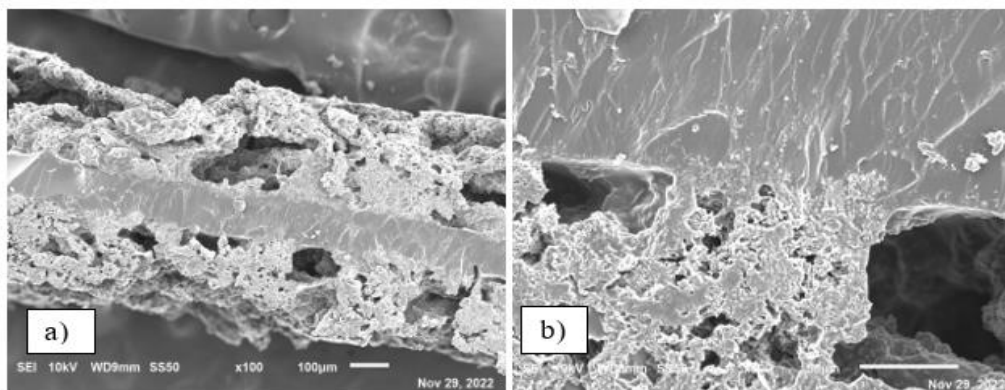


Figura 2. Micrografía del material electroactivo Cs/PPy/CNT/NaCl.

En la Figura 2. se observa la sección transversal del material electroactivo, el cual está compuesto por dos capas exteriores Cs/PPy (5%)/CNT (0.05%) y una capa central de Cs/ (0.1%) NaCl; en las micrografías se aprecia una buena sinergia entre ambos materiales ya que en la Figura 2 b) se observa una unión entre las interfaces de los materiales laminados, dado que ambos materiales poseen Cs como matriz y como elemento de unión entre ambas caras.

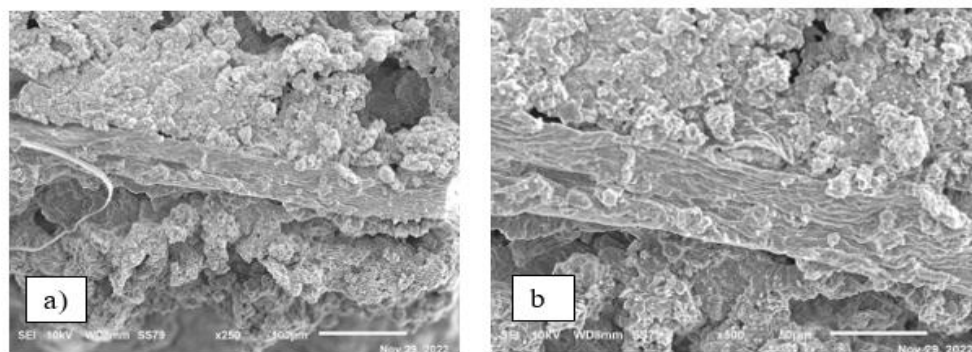


Figura 3. Micrografía del material electroactivo Cs/PPy/CNT/NaCl.

En la micrografía de la Figura 3. Se observa un corte transversal del material electroactivo Cs/PPy/CNT/PVA/NaCl a 100X a) y 500X b), se observa una compatibilidad entre las interfaces de los materiales laminados exteriores Cs/PPy (5%)/CNT (0.05%) los cuales cumplen la función de electrodo y el material central (electrolito) de PVA/NaCl (1%), debido a que ambos materiales no poseen la misma matriz, la unión entre las interfaces es inferior a la mostrada por el material electroactivo Cs/PPy/CNT/NaCl.

Análisis FTIR

Se realizó un análisis FTIR de los materiales que componen ambos materiales electroactivos. Los materiales que cumplen la función de electrodos CS/PPy (5%)/CNT (0.05%) indicados en color negro en la gráfica de la Figura 4, así como los materiales centrales CS/ (0.1%)NaCl en color azul y PVA/ (1%)NaCl en color rojo los cuales conforman la parte electrolítica de los dos materiales electroactivos Cs/PPy/NaCl y Cs/PPy/PVA/NaCl respectivamente.

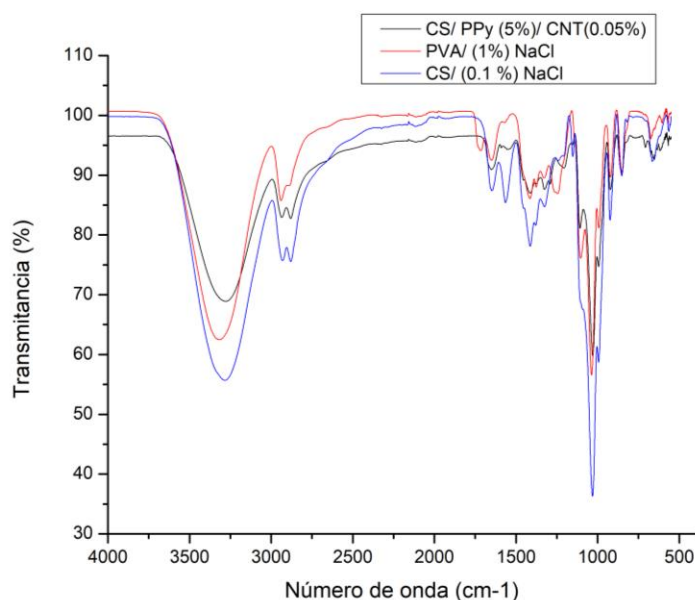


Figura 4. Gráfica FTIR de los componentes de los materiales electroactivos Cs/PPy/NaCl y Cs/PPy/PVA/NaCl.

En la Figura 4. La línea roja, perteneciente al material PVA/ (1%)NaCl en la región que comprende de $3100-3500\text{ cm}^{-1}$ indica los estiramientos del grupo funcional OH, así como en la región de flexión del OH dentro y fuera del plano ($1500-1400\text{ cm}^{-1}$ y 660 cm^{-1} respectivamente) propio del PVA, de igual forma se observa la presencia de este grupo funcional en el material compuesto por Cs/PPy (5%)/CNT (0.05%) y Cs/NaCl(0.1%); por la presencia del grupo OH en el Cs, en el ácido acético utilizado como solvente, y el plastificante glicerol utilizado para la formación de las películas. Se observa para la muestra de PVA (línea roja) los estiramientos simétricos y asimétricos del CH_2 en la región $2800-2999\text{ cm}^{-1}$, la flexión en tijera de $1400-1500\text{ cm}^{-1}$ del CH_2 y la flexión en movimiento alternado de $740-720\text{ cm}^{-1}$, en 1300 cm^{-1} el estiramiento C-C y en la región de $1200-1900\text{ cm}^{-1}$ así como el estiramiento C-

O. La línea negra perteneciente a Cs/PPy(5%)/CNT(0.05%) la región 3490 cm^{-1} indica el estiramiento N-H perteneciente al PPy así como la presencia de C-C y C=C en 1300 cm^{-1} y $1600-660\text{ cm}^{-1}$ respectivamente; propios de los CNT y PPy. En la región de $3050-3010\text{ cm}^{-1}$ se muestra el estiramiento =C-H del Cs, propio del Cs así como en 1300 cm^{-1} el estiramiento C-C y en la región de $1200-1900\text{ cm}^{-1}$ el estiramiento C-O.

Respuesta electroactiva

La Tabla 3. Muestra la respuesta al campo eléctrico de los materiales electroactivos de tipo iónico con película central de PVA/NaCl, el desplazamiento esta dado en mm y el tiempo del ensayo fue de 3 minutos. Debido a que el material electroactivo con película central de PVA/NaCl posee iones y carga negativos el material se ve atraído por la carga opuesta, es decir, el material se desplaza en dirección hacia el ánodo (Wang et al., 2021).

Tabla 3. Respuesta electromecánica después de 3 min a 5,-5, 3,-3,1.5 y -1.5 V, para el material electroactivo Cs/PPy/NTC/PVA/NaCl.

Espesor prom. (μm)		VOLTAJE					
		5 V	-5 V	3 V	-3 V	1.5 V	-1.5 V
M1	665	0.1	0.05	0	0.05	0.05	0
		0.1	0.5	0	0.1	0	0.1
M2	650	0.25	0	0.1	0.1	0.1	0
		0.2	0.1	0.15	0.1	0.05	0
M3	585	0.1	0.1	0	0.1	0.2	0.1
		0.1	0.15	0.15	0.5	0.15	0

La Tabla 4. Muestra la respuesta al campo eléctrico de los materiales electroactivos de tipo iónico con película central de Cs/NaCl; el desplazamiento esta dado en mm y el tiempo del ensayo fue de 3 minutos. Debido a que el material electroactivo con película central de Cs/NaCl posee iones negativos proporcionados por el NaCl e iones positivos conferidos por Cs debido a la presencia de grupos amino libres (NH_2) los cuales tienen fuerte carga positiva, el material se desplaza en dirección hacia el cátodo (Wang et al., 2021).

Tabla 4. Respuesta electromecánica después de 3 min a 5, -5, 3, -3,1.5 y -1.5 V, para el material electroactivo Cs/PPy/CNT/NaCl.

Espesor prom. (μm)		VOLTAJE					
		5 V	-5 V	3 V	-3 V	1.5 V	-1.5 V
M1	710	0.1	0.05	0	0.05	0.05	0
		0.1	0.5	0	0.1	0	0.1
M2	630	1	1	0.05	0	0	0
		0.05	0	0.05	0	0.15	0
M3	570	0.6	0.7	0.1	0.05	0	0
		0.5	0.6	0.1	0.05	0	0

Conclusiones.

Durante el análisis SEM muestra una buena interacción entre las interfaces de los materiales laminados exteriores (electrodos) y la capa central (electrolito) para ambos materiales. Los materiales Cs/PPy (5%)/PVA/NaCl (1%), presentaron una mejor respuesta a los campos eléctricos de activación, mostrando la viabilidad de generar materiales electroactivos biodegradables a partir de este método de síntesis.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México).

Referencias

- Arias Maya, L. S., & Vanegas Useche, L. (2004). Materiales compuestos inteligentes. *Scientia Et Technica*, X(25), 143-148.
- L. Moreno, M. L Muñoz Marín, S. Garrido, D. Blanco. (2009). Materiales inteligentes: aleaciones con memoria de forma (SMA). *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A, Matemáticas*.
- Wang, H. S., Cho, J., Park, H. W., Jho, J. Y., & Park, J. H. (2021). Ionic polymer–metal composite actuators driven by methylammonium formate for high-voltage and long-term operation. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 96, 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.01.021>
- Mutlu, R., Alici, G., & Li, W. (2013). An effective methodology to solve inverse kinematics of electroactive polymer actuators modelled as active and soft robotic structures. *Mechanism and Machine Theory*, 67, 94–110. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2013.04.005>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRACTOS DE *Ipomoea batatas* (L.) Lam. SOBRE ARVENSES, EN BUSCA DE UN NANOBIOHERBICIDA

R. Hernandez-Pérez¹, A. Olarte-Paredes¹, B. V. Briones-Tellez¹ Y A.M. Salgado-Delgado¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México. santaclara57@yahoo.es, alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx, brayert.ibq@gmail.com, areli.sd@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: Muchos de los metabolitos secundarios que se sintetizan en plantas tiene efectos alelopáticos. Tales aleloquímicos, son excretados por diferentes vías y llegan a estimular, retrasar o inhibir eventos como germinación, crecimiento o desarrollo otras plantas aledañas, fenómeno alelopático que tiene una especial atención en los últimos años, en agroecología, por evidentes propiedades bioherbicidas. Algunos estudios, han permitido el desarrollo de nuevos nanobioherbicidas para el control de arvenses, en sustitución de herbicidas sintéticos como glifosato. El objetivo de estos ensayos fue evaluar el efecto alelopático de extractos acuosos y etanólicos de *Ipomoea batatas* a diferentes concentraciones (0, 1, 2 y 3.33 %) sobre plantas aceptoras: *Amaranthus hypochondriacus* y *Portulaca oleracea* en condiciones controladas, tomando como respuesta; la germinación total (GT), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud radicular (LR). Los resultados mostraron que los extractos acuoso pH 7 no tuvieron efecto sobre la germinación de *A. hypochondriacus*, observándose un ligero retraso en la velocidad de germinación y efecto estimulante en la longitud radicular a concentraciones de 2 y 3.3 %. Cuando se probó el extracto acuoso a pH 5, se evidenció efecto inhibitorio significativo en las tres variables, lo cual aumentó con la concentración sobre las aceptoras, siendo más sensible en *P. oleracea*. Similar resultado se obtuvo con el extracto etanólico, donde el efecto inhibitorio fue dependiente de la concentración y *A. hypochindriacus* la especie más sensible hasta llegar a una inhibición del 100 % de la germinación incluso con la dosis más baja.

Introducción.

En la actualidad existen innumerables razones que sustentan el interés por los nanobioherbicidas, por un menor daño medioambiental y toxicológico (González, 2009). Muchas especies de plantas producen considerable cantidad de compuestos biológicamente activos que afectan directa o indirectamente las interacciones planta-planta y planta-animal en un mismo hábitat. Durante los últimos cincuenta años el uso continuo y desmedido de compuestos químicos sintéticos bajo sistemas de producción agrícola, han generado contaminaciones al medio ambiente, acelerando la erosión del suelo, deteriorando las fuentes hídricas, inclusive influyendo de manera negativa en la salud humana y la biodiversidad (Flores *et al.*, 2015), siendo el centro de atención de muchos especialistas, principalmente la rama agrícola (Espejo *et al.*, 2010). Una alternativa prometedoras, son las alelopatías que en una agricultura sustentable permiten un equilibrio más ecológico (Torres *et al.*, 2003). Sampietro (2003) relacionó la alelopatía como un fenómeno biológico en el que un tipo de organismo sintetizan varios componentes químicos (aleloquímicos) que intervienen en la reproducción, crecimiento, desarrollo o supervivencia de organismos diferentes.

El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto alelopático de extractos acuosos y etanólicos de *I. batatas*, colectados en Morelos México, sobre plantas receptoras de *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*, a diferentes concentraciones bajo condiciones controladas.

Sec. Experimental y Fundamento Teórico

Método de extracción (sólido-líquido)

Para la obtención de extractos se maceró la biomasa en la relación 1:30 p/v agitación constante según la metodología de (Hernández *et al.*, 2015), formándose dos tipos de extractos (acuoso y etanólico). La extracción acuosa se formuló según lo descrito por Hernández, *et al.* (2017), a partir de 5 g de biomasa molinada tamizada y disuelta en 150 mL de agua destilada estéril a pH de 7.0. La mezcla fue homogenizada bajo agitación constante (300 rpm/ 24 h.) y en oscuridad a temperatura ($22 \pm 2^\circ\text{C}$). La concentración máxima del extracto fue ajustada a (3.33 %), a partir de la cual se prepararon las fracciones diluidas a concentraciones de 1 y 2 %. Luego se ajustó pH en rango de pH 6 - 7.2. Finalmente, los recipientes de cristal rotulados, fueron conservados a 4°C en oscuridad hasta su uso. La extracción etanólica, fue preparada con 5 g de biomasa en etanol absoluto (96-98%) en relación 1:30 p/v, agitación constante a (300 rpm/24 h) a temperatura ambiente y en oscuridad. Las soluciones formadas, siguieron la misma preparación que el extracto acuoso, con máxima concentración (3.33 %) y partiendo de esta se prepararon 1 y 2 %, agregando el disolvente en las proporciones requeridas y finalmente se llevaron a pH 7. Un control positivo con biomasa de *I. batata*, gentilmente cedida y obtenida en ensayos por Hernández (2017), conformó un extracto referenciado al (3.33%) en relación 1:30 (soluto/solvente). En cada bioensayo se usó un diseño de bloques completamente al azar, formado por cinco tratamientos, que incluyó cuatro concentraciones de extracto (Tratamientos) con tres repeticiones. Además de establecer un control con agua estéril (T0) y un control positivo (T4) (3.33%). La unidad experimental fue una placa de Petri con 24 semillas de las especies receptoras para un total de 72 semillas por tratamiento. Se calculó la Germinación Total (**GT**) y el Índice de velocidad de germinación (**IVG**) en cada tratamiento. Así mismo, se tomaron al azar 10 plantas por cada unidad experimental (30 plantas) por tratamiento, a las que se les midió la longitud radicular (**LR**) (**cm**), con ayuda de una regla. Las ecuaciones registradas fueron: $GT = [N_T \times 100] / N$ (Hernández *et al.*, 2017) **Longitud radicular** (Pereira *et al.*, 2019).

Los datos registrados con las variables respuesta, germinación total (GT), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud radicular (LR), fueron procesados en un análisis de varianza (ANOVA). Previo a la verificación de los supuestos de homogeneidad de la varianza, acompañado de una prueba Tukey ($\alpha \leq 0,05$), para determinar si existían diferencias significativas entre tratamientos.

Bioensayos

Cuatro bioensayos se ejecutaron, utilizando los extractos acuoso pH 7 y pH 5, con la especie aceptora *A. hypochondriacus* o *P. oleracea* en placas de Petri. El papel

absorbente (sanitas) sirvió para formar una cámara húmeda. Se usaron 24 semillas por placa y se les asperjó 5 mL del extracto, o solo agua en el caso del control absoluto. Se mantuvieron entre 3 – 4 días (72 horas) para garantizar la germinación de las semillas y si formaban plantas de buen tamaño. A cada placa se les añadió 1.0 mL de agua destilada estéril cada día para humedecer el papel absorbente. Se estableció el control del fotoperiodo con un sensor ajustando 16 h luz y 8 h oscuridad a temperatura ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$. Los otros dos bioensayos fueron usando extracto etanólicos pH 5.0, con las mismas especies de *A. hypochondriacus* o *P. oleracea* en placas de Petri, aplicado las dosis (0, 1, 2 y 3.33 %) y un control positivo.

Resultados y discusión.

Actividad alelopática del extracto acuoso de *I. batatas* con un pH ligeramente alcalino sobre semillas de *A. hypochondriacus*.

La germinación de *A. hypochondriacus* no se vio afectada por ninguna de las concentraciones, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$), el extracto no influyó en el proceso fisiológico de germinación (GT) (Tabla 1). Por otro lado, el índice de velocidad de germinación (IVG), evidenció un ligero retraso en la cantidad de semillas germinadas/día de un tratamiento a otro, se demostró algunas diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Resultados similares obtuvo Silva (2013) cuando utilizó lixiviados acuosos (pH 7.2) a partir de diferentes tejidos secos de zacate (*P. ciliare*). Tales lixiviados no generaron inhibición en la germinación de *A. hypochondriacus* entre 24 y 48 horas, con germinación cercana al 100 %. Solo hubo efecto en el tamaño de la radícula en la misma especie, durante las primeras 24 horas, pero no se mantuvo al llegar a las 48 horas. González (2011), quien aplicó extracto acuoso de *E. gomphocephala* a concentraciones de (10, 30, 50 y 100 %) sobre semillas de *A. hybridus*, observó efectos significativos entre los tratamientos en cuanto a la germinación. Sin embargo, registró un incremento de la germinación de *A. hybridus*, cuando se aplicó extracto en concentraciones altas (50 y 100 %). Según Torres *et al.* (2003), *I. batatas* aplicada directo a suelo en concentraciones (0, 75 y 100 %), sobre *A. crassipes* (*Schlecht*), señalaron solo una mayor concentración inhibitoria significativamente sobre la germinación, pero sin efecto alguno sobre la altura de las plantas.

Actividad alelopática del extracto acuoso de *I. batatas* con un pH ligeramente ácido sobre semillas de *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*

La germinación (GT), el IVG y longitud radicular (LR) de ambas especies fueron afectadas conforme aumentaba la concentración del extracto, el efecto inhibitorio más drástico se demostró con la concentración de extracto acuoso más alta (3.33%) la cual correspondió al tratamiento T3 y T4 (C+), se pudo corroborar que entre ambos tratamientos no hubo diferencias significativas respecto a las variables respuesta, sin embargo, se pudo deducir que el tratamiento T3 obtuvo mejores resultados de inhibición, quizá esto se debió a que el extracto acuoso de ese mismo

tratamiento se obtuvo con más partes vegetativas de camote y el extracto acuoso del tratamiento (T4) se obtuvo solo a partir de hojas y tallos.

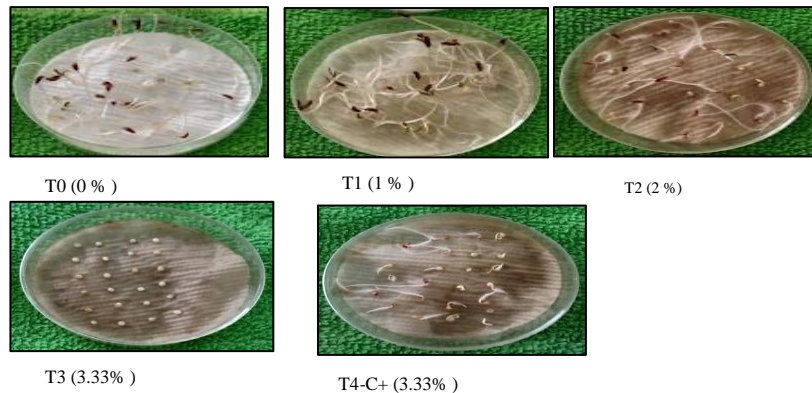


Figura 1. Semillas de *A. hypochondriacus* longitud de la radícula (LR), tratadas con extracto acuoso ligeramente ácido a diferentes concentraciones.

Este efecto pudo atribuirse a compuestos fenólicos presentes en el camote. Según estudios realizados por Hernández *et al.* (2015), afirmaron que el efecto inhibitorio está estrechamente relacionado con la parte de la planta que se utilice y el extracto, Esto trabajaron con extracto acuoso de camote (*I. batatas* (L.) Lam. CEMSA 78-354), cuando aplicaron el extracto sobre semillas de *A. spinosus* y *P. oleracea* a 1 % y el control, obtuvieron efectos tanto de estimulación como de inhibición en relación a la parte de la planta utilizada.

En el tamizaje fitoquímico los aleloquímicos presentes en camote, como compuestos fenólicos, estaban concentrados en la inflorecias, luego en el follaje (Figura 1). No hubo diferencias significativas entre esos tratamientos, el mejor efecto inhibitorio se mostró hasta la mayor concentración, lo mismo paso con la longitud radicular, en general hubo diferencias significativas entre los tratamientos de ambas especies. En *A. hypochondriacus* la longitud radicular del control fue muy similar a las de dosis menores (1 y 2 %) ya que los valores fueron muy cercanos y en efecto lo fueron, entre el tratamiento T0 (control) y T1 (1 %) no hubo diferencia ni entre los tratamientos T0 y T2 (2%), sin embargo, el mejor efecto estimulador se evidenció con la concentración de 2 %, pero la longitud radicular fue inhibida con el tratamiento T3 y T4 a la mayor concentración (3.33 %).

En el caso de *P. oleracea* un mejor efecto positivo radicular ocurrió, con la menor dosis (1 %). La dosis de 2 %, empezó a inhibir considerablemente la longitud radicular, pero de la misma forma el mejor efecto inhibitorio fue con la mayor concentración de extracto. En cuanto al índice de velocidad de germinación (IVG) para ambas especies, fue muy notorio el retraso de germinación, la cantidad de semillas/día disminuía paulatinamente conforme aumentaba la concentración del extracto y de igual manera hubo diferencias significativas entre los tratamientos. A

grandes rasgos, los resultados indicaron que *P. oleracea* fue la especie de arvense más sensible frente al efecto alelopático del extracto acuoso de *I. batatas*.

Según Torres *et al.* (2003) algunos de los aleloquímicos responsables de los efectos estimulantes y de inhibición es debido a compuestos fenólicos como el ácido cafeico y los flavonoides epigenina y naringenina, encontrados en partes de la planta del camote, son estimulantes de las AIA- oxidasa por lo que reducen los niveles de auxina (AIA) y por ende disminuye el crecimiento.

Se comprobó, que el extracto de cardo silvestre fue el más fitotóxico sobre la longitud radicular, así como para la longitud del epicótilo mientras que el extracto acuoso de alcachofa fue el peor en cuanto a actividad alelopática negativa. Mencionaron que los efectos alelopáticos fueron diferentes en relación al genotipo de las especies aceptoras, siendo *P. oleracea* la más susceptible. La longitud radicular (LR) fue la variable más afectada en el bioensayo (-32.6 %). Es importante resaltar que se utilizó una única concentración de los extractos (80 %) y solo se comparó su actividad alelopática respecto al control que fue agua bidestilada (Figura 2).

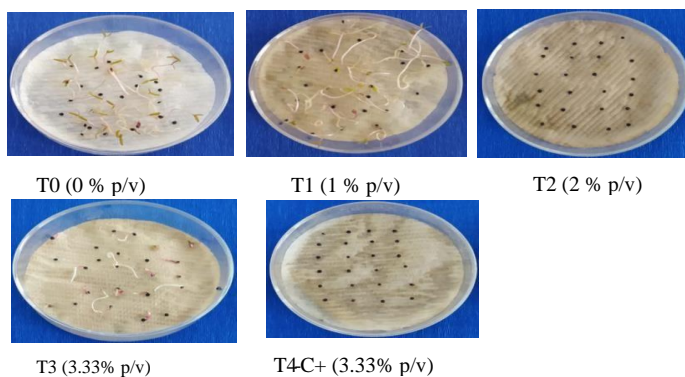


Figura 2 Semillas de *P. oleracea* tratadas longitud de la radícula (LR), con extracto acuoso ligeramente ácido a diferentes concentraciones.

Los metabolitos secundarios que se identificaron y se atribuyó el efecto alelopático fueron: apigenin y luteolin 7-O-glucorodine (solo detectado en el cardo silvestre), apigenin 7-Oglucoside presente en alcachofa, así como también 11,13-dihydrodeacylcynaropicrin y 11,13-dihydroxi-8-deoxygrosheimin (característicos del cardo cultivado).

También El-Shora y El-Gawad (2014), en bioensayos de germinación para evaluar el efecto alelopático de extracto acuoso de (*Lipinus termis* L.) sobre *P. oleracea*, señalaron que el porcentaje de germinación de *P. oleracea* se redujo considerablemente cuando aumentaba la concentración del extracto, las concentraciones que se aplicaron fueron (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 y 1 mg/mL), encontraron que el (%) de germinación se redujo alrededor del 78.8 % respectivamente después de aplicar la concentración más alta de extracto acuoso. Sin embargo, los autores no identificaron los aleloquímicos responsables de tal efecto. Se demostró un mayor efecto alelopático negativo en la germinación de *C. murale* cuando se aplicaron los

extractos de mayor concentración (40 y 60%) sin embargo fue más notorio el efecto alelopático negativo a la mayor concentración (60%) sobre la germinación de semillas de ambas arvenses. También se evidenció que tanto la longitud radicular como la de los brotes de *P. oleracea* fueron más sensibles a la alelopatía del extracto de hoja de *R. epapposum* en comparación con el extracto de hoja de *S. imbricata*.

Actividad alelopática del extracto etanólico de *I. batatas* sobre semillas de *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*.

En este último bioensayo se pudo determinar que *A. hypochondriacus* fue mucho más sensible que *P. oleracea* respecto al extracto etanólico, pues se evidenció efecto alelopático negativo (inhibición) total en la germinación desde la dosis de (1 %), solo hubo germinación (**GT**) en el tratamiento control que fue de 98.61 % (Figura 3).

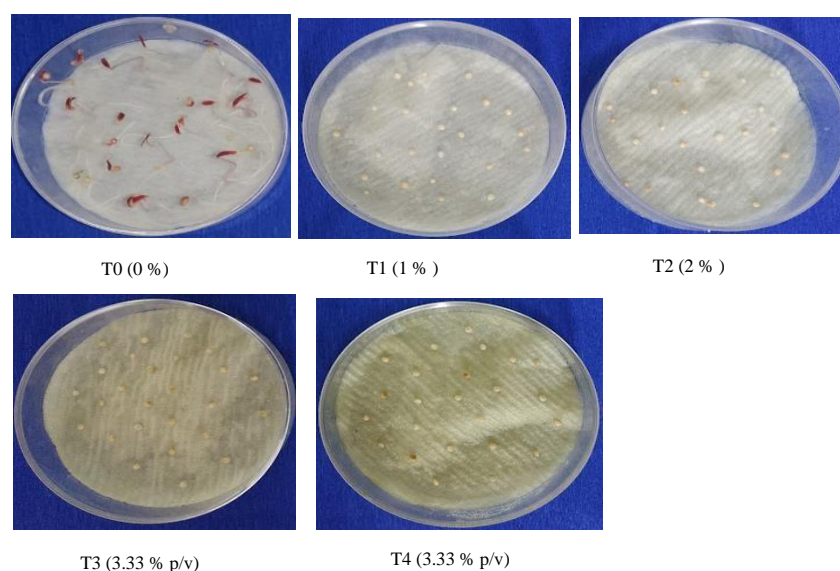


Figura 3. Semillas de *A. hypochondriacus* tratadas con extracto etanólico a diferentes concentraciones.

Sin embargo, para *P. oleracea* el efecto de inhibición sobre la germinación se demostró conforme aumentaba la concentración del extracto, hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) (Tabla 1).

Tabla 1. Influencia de las diferentes concentraciones de extracto etanólico de *I. batatas* sobre semillas de *P. oleracea*. Medias con letras iguales son significativamente diferentes. Tukey ($p < 0.05$).

Tratamientos	N	GT (%)	IVG (semillas/día)	N	LR (cm)
T0 (Control)	3	80.56 a	34.11 a	15	3.24 a
T1 (1% p/v)	3	73.61 a	22.06 b	15	2.787 ab
T2 (2% p/v)	3	22.2 b	4.11 c	15	1.147 cd
T3 (3.33% p/v)	3	12.50 b	2.333 c	15	1.767 bc
T4-C+ (3.33% p/v)	3	2.78 b	0.556 c	15	0.420 d
D. E		9.91865	2.88900		1.14498

Al igual que para el IVG el efecto fue inversamente proporcional a la concentración del extracto, la cantidad de semillas germinadas por día fue disminuyendo conforme aumentaba la concentración del extracto, en cuanto a la longitud radicular (LR) de esa misma especie de arvense también se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) el efecto inhibitorio se empezó a notar desde el tratamiento (T2) con la dosis de 2 %, con el tratamiento (T3) a la dosis de 3.33 % aumentó ligeramente el tamaño pero no hubo diferencias entre los dos tratamientos mencionados (Figura 4). El mejor efecto inhibitorio resultó con el tratamiento (T4), a la concentración de 3.33 %, aunque no hubo diferencia con respecto al tratamiento (T2) se deduce que fue mucho mejor tal efecto alelopático negativo, por otro lado el tratamiento (T4) evidenció mejor efecto inhibitorio que el tratamiento (T3) ambos a la misma concentración, pero quizás se debió con las partes de la planta que se utilizaron para obtener el extracto, los metabolitos implicados con el efecto quizá se encuentren en mayor abundancia en las hojas y tallos, pero en general los resultados del efecto alelopático negativo fueron satisfactorios.

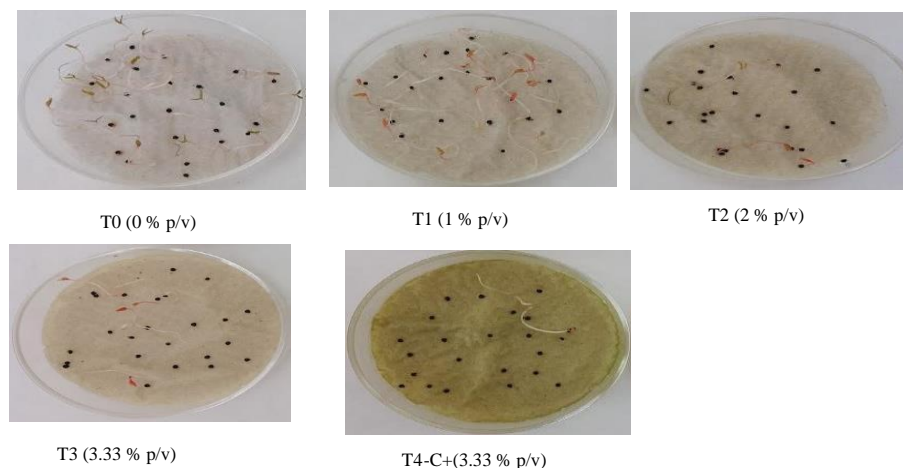


Figura 4. Experimento 5- Semillas de *P. oleracea* tratadas con extracto etanólico a diferentes concentraciones.

Resultados similares obtuvo Hernández (2016) al evaluar los efectos alelopáticos de extractos acuosos y etanólicos de *I. batatas* (hojas, tallos raíces e inflorescencias) sobre *P. oleracea* y *A. spinosus* a concentraciones de (5 y 10 %). Se evidenció efecto inhibitorio sobre *P. oleracea* con el extracto etanólico (5 %) a partir de hojas y al (10 %) con tallos y (10 %) con hojas de camote mostraron diferencias significativas respecto al control y testigo. Por otro lado, no hubo germinación de las semillas de *A. spinosus* (inhibición total) al aplicar las concentraciones (1,5 y 10 %) de extracto etanólico obtenido a partir de hojas, así como también a la concentración de 10 % a partir de inflorescencias, tallos, corteza y follaje.

Torres (2021) afirmó en que se logró aislar e identificar los aleloquímicos responsable del efecto inhibitorio los cuales fueron dos tipos de cumarinas (herniarina y escoparona). Mientras, García *et al.*(2013) evaluaron en condición *in vitro* el efecto fitotóxico de extractos de fruto de chile manzano (*C. pubescens*) a las

concentraciones de (0, 0.5, 1.5, 2.5, 5.0, 10, 20 % v/v) sobre diferentes especies de arvenses, como *A. hybridus* L. que su extracto etéreo inhibió la germinación de *A. hybridus* al 5 %. Según Motmainna *et al.* (2021) los alcaloides actúan inhibiendo la germinación de semillas, así como el crecimiento de algunas plantas, la toxicidad de estos compuestos depende específicamente como en todos los aleloquímicos, de la dosis, además de la sensibilidad de la especie diana, del sitio de acción y sin duda también tiene mucho que ver la etapa de desarrollo del organismo.

En cuanto a *P. oleracea*, Erez y Fidan (2015) obtuvieron resultados muy similares al estudiar el efecto alelopático de un extracto metanólico de *Salvia macrochlamys* (hojas y tallos) a diferentes concentraciones (0, 2.5, 5 y 10 %) sobre la germinación de la especie antes mencionada. Pereira *et al.* (2019) evaluó el efecto de un extracto etanólico de *Paspalum maritimum* Trind obtenido a partir del tallo y raíz de la misma y a concentraciones de (1.25, 2.5, 5, 10 y 20 mg/mL), e infirió que a medida que aumentaba la concentración del extracto se generaba una disminución en la germinación y en la longitud radicular (LR) de *P. oleracea*.

Conclusiones.

Los resultados indicaron que ambos extractos mostraron potencial alelopático sobre ambas especies aceptoras *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*. Se observó inhibición en la germinación en la longitud radicular y en la tasa de germinación, a medida que la concentración de los extractos aumentaba, siendo la concentración de 3.33 % (T3), la que influyó significativamente mejor en cuanto al efecto alelopático negativo. Este efecto también dependió en gran medida de la especie aceptora, siendo *P. oleracea* más sensible al extracto acuoso. Mientras *A. hypochondriacus* mostró mayor sensibilidad respecto al extracto etanólico. Confirmando que los efectos alelopáticos difieren entre genotipos, especie donante y especie diana o aceptora. Las propiedades alelopáticas de *I. batatas* deben ser valoradas como bioherbicidas natural para el manejo de arvenses.

Referencias

- Cárdenas, C. (2014). *Plantas Alelopáticas*. Edit. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Editor: Edi-ESPE ISBN: 978-9978-301-37-1 <https://crianzadelatierra.files.wordpress.com/2018/03/las-plantas-alelopaticas.pdf>
- El-Shora, y El-Gawad. (2014). Evaluation of Allelopathic Effect of White Lupin (*Lupinus termis* L.) Leaf Extract on the Biochemical Dynamics of Common Purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Egyptian Journal of Botany*. 54(2): 317–232. <https://doi.org/10.21608/ejbo.2014.494>
- Flores, C. M.A., Sánchez Ch., E., y Pérez, L. R. (2015). Potencial Alelopático de extractos foliares de *Astragalus mollissimus* Torr. sobre la germinación *in vitro* de semillas de maleza. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5):1093–1103. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i5.601>
- García, M. Ma., Sánchez, N.C., Martínez, S.J., & Pérez, G.M. (2013). Actividad fitotóxica de los extractos de chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(4):23-33. doi: 10.5154/r.rchsh.2012.03.009 .
- González, L.E. (2011). *Efectos del aceite esencial y extractos acuosos de Eucalyptus gomphocephala* DC. sobre la germinación y el crecimiento de arvenses. (Tesis de Maestría). Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15344/TESINA%20%20FINAL.pdf?seque nce=1>

- González, Y. (2009). Propuesta tecnológica para la obtención de extractos con características alelopáticas (Tesis de Licenciatura). Universidad Central Marta Abreu de las Villas. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1224/Q09032.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Erez, M. E., & Fidan, M. (2015). Allelopathic effects of sage (*Salvia macrochlamys*) extract on germination of portulaca oleracea seeds. *Allelopathy Journal*, 35(2):285– 296.
- Espejo, F., Espinosa, R., Puente, M., Cupull, R., & Rodríguez, M. (2010). Efecto alelopático de *Tagetes erecta* L. y *Terminalia catappa* L. sobre *Rhizoctonia solani* (Kühn), 37(2): 89–92. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V37-Numero_2/ASB_1.pdf
- Hernández, M. (2016). Potencial alelopático de *Phyla strigulosa* (M.Mart. & Gal.) Mold., *Sphagneticola trilobata* L. Pruski e *Ipomoea batatas* (L.) Lam sobre arvenses y cultivos. March, 57.(Tesis de Maestría). <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6881>
- Hernández, M. A., Hernández, R. P., Espinosa, R. R., Guillen, D. S., & Cianna, M. I. (2015). Allelopathic influence of *Ipomoea batatas* (L.) Lam. commercial clone 'CEMSA 78- 354' on weeds. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 4(10): 657–662.
- Hernández, M., Hernández, R., Guadalupe, G., Guillen, D., & Castellanos, L. (2017). Potencial fitotóxico de extratos de *Ipomoea batatas*, detectado por meio de um novo microbioensaio do tipo sanduíche, em três espécies de plantas daninhas. *Planta Daninha*, 35, 1–9. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582017350100035>
- Motmainna, M., Shukor B, A., Uddin, M. K., Binti Asib, N., Mominul Islam, A., & Hasan, M. (2021). Assessment of allelopathic compounds to develop new natural herbicides : A review. *Allelopathy Journal*, 52(1): 21–40. doi.org/10.26651/allelo.j/2021-52-1 <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2021-52-1-13051305>
- Pereira, J. C., Paulino, C. L. A., Endres, L., Santana, A. E. G., Pereira, F. R. S., & Souza, R. C. (2019). Allelopathic potential of ethanolic extract and phytochemical analysis of paspalum maritimum trind. *Planta Daninha*, 37:1–12. <https://doi.org/10.1590/S0100-8358201937010005383582019370100053>
- Sampietro, D. (2003). Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Fitoquímica Instituto de Estudios Vegetales. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/19 https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_artificiales/19-alelopatia.pdf
- Silva, A. (2013). Efecto alelopático de *Pennisitum ciliare* (L.) Link en la germinación y desarrollo inicial de plantas del desierto Sonorense (Tesis de Licenciatura). Universidad de Sonora. <http://repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/1106/1/silvafloradanl.pdf>
- Torres G.S. Puente, I. M., de Cupere, F., Puerto, A.G., & Rodríguez G. M. (2003). Efecto alelopático del boniato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Centro Agrícola*, 30: (1):59-63. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V30-Numero_1/cag141031274.pdf
- Torres, G. A. (2021). Cumarinas como fuente de agentes alelopáticos (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Metropolitana. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26348>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

“SÍNTESIS ONE POT” DE COPOLÍMEROS MEDIANTE POLIMERIZACIÓN RADICALARIA CONTROLADA ATRP UTILIZANDO UN CATALIZADOR DE UN COMPLEJO CICLOMETALADO DE RUTENIO (II)

J.J. Sánchez García¹, C. Aguilar Lugo¹, R. Le Lagadec² y L. Alexandrova¹

¹Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, Ciudad de México-
heparina250ml@quimica.unam.mx, carlaaguilarlugo@gmail.com, laz@unam.mx.

²Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, 04510, 04510, Coyoacán, Ciudad de México- ronan@unam.mx.

Área de participación: *BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)*

Resumen: La síntesis de copolímeros en bloque se puede realizar mediante la técnica “one pot”, por medio de catalizadores ciclotmetalados de complejos de rutenio. En este tipo de reacciones se puede controlar la síntesis de copolímeros tipo AB, utilizando diferentes mezclas de monómeros de estireno y metacrilato de metilo, así como diferentes temperaturas de reacción. Se encontraron que las mejores condiciones de reacción para obtener un copolímero se encontraron con una mezcla de 50% de estireno con 50% de metacrilato de metilo, a 80° C durante 6 horas y con un aumento paulatino hasta llegar a los 100° C, durante 4 horas. Los copolímeros se caracterizaron mediante RMN de ¹H.

Introducción.

La polimerización radicalaria controlada por transferencia de átomo (ATRP), es un método de preparación de materiales poliméricos funcionalizados con estructura controlada. Este método permite obtener materiales de baja polidispersidad y peso molecular definido, con la posibilidad de obtener diversas topologías y arquitecturas, y de esta manera conseguir propiedades especiales para aplicaciones específicas (Corrigan et al., 2020).

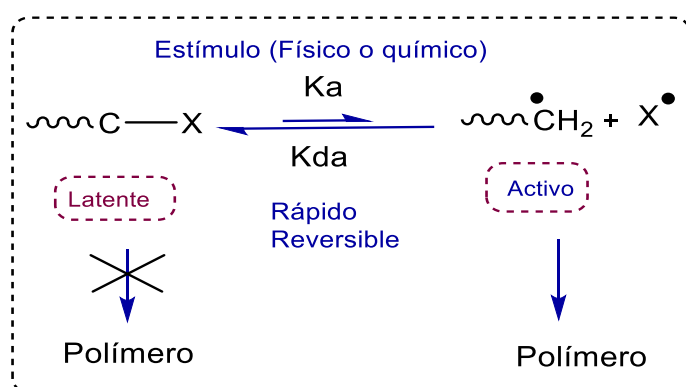
La técnica de ATRP, es un método que se basa en la desactivación reversible de los radicales de propagación por medio de un catalizador de un metal de transición a través de un ciclo redox de un electrón. Se han probado varios complejos metálicos activos redox en ATRP, incluidos Cu (Siegwart et al., 2012), Ru (Ouchi et al., 2009), Fe (Dadashi-Silab et al., 2020), Ni (O'Reilly et al., 2006) y Pd (Matyjaszewski et al., 2012). Sin embargo, los complejos de cobre han sido los más utilizados debido a su fácil síntesis, alta actividad y la capacidad para polimerizar diferentes monómeros. El rutenio es un metal importante que se ha estudiado como catalizador en la polimerización por radicales vivientes (LRP). El rutenio tiene una gran capacidad en su esfera de coordinación y gran tolerancia a diferentes grupos funcionales, lo que le permite coordinarse con un gran número de ligandos (Murahashi et al., 2004). Dado que el rendimiento catalítico está determinado en gran medida por el entorno del ligando, los complejos de rutenio siguen siendo candidatos muy atractivos para la búsqueda de nuevos catalizadores activos.

Nuestro grupo de investigación ha estado trabajando con compuestos ciclometalados de Ru(II) para LRP de monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos (Vargas et al., 2012). Especialmente, el *cis*-[Ru(*o*-C₆H₄-2-py)(fen)(MeCN)₂]PF₆ que es un complejo ciclometalado catiónico (1) (Figura 2), este compuesto ha sido capaz de catalizar LRP de estireno (St), metacrilato de metilo (MMA), acrilato de n-butilo (BA) y metacrilato de (hidroxietilo) (HEMA); con cierto nivel de control para obtener homo y copolímeros en bloque (Vargas et al., 2013).

Entre las diferentes arquitecturas poliméricas, los copolímeros en bloque son materiales muy atractivos ya que cada bloque conserva las propiedades del homopolímero, lo que hace que estos materiales sean aptos para numerosas aplicaciones (Ryabov et al., 2001). Utilizando LRP, ha sido posible sintetizar una gran variedad de polímeros multibloque. La ruta habitual para la obtención de estos bloques, implica la obtención y purificación de un macromonómero, ya que habitualmente se utilizan diferentes complejos para obtener cada bloque. En este trabajo informamos un procedimiento simple utilizando un enfoque de síntesis one pot y un solo catalizador. Empleamos el complejo ciclometalado de rutenio para mediar la polimerización en con diferentes proporciones de St/MMA modificando la temperatura de reacción (80 – 100 °C).

Fundamento Teórico: Polimerización radicalaria controlada/viviente CRP

Se basa en mantener la concentración de radicales extremadamente baja durante la polimerización y de esta forma suprimir las reacciones de terminación y transferencia de cadena. Esto se logra mediante la transformación de los radicales en crecimiento (especies activas) en especies durmientes (radicales atrapados de manera reversible) a través de un equilibrio temporal, reversible y dinámico (Esquema 1), en donde el equilibrio se encuentra desplazado hacia las especies durmientes [especies durmientes]>>>[radicales en crecimiento].



Esquema 1. Equilibrio entre especies activas y latentes

Un radical en crecimiento en el caso ideal debería reaccionar con un solo monómero antes de volver a convertirse en una especie latente, en consecuencia, permanece activo durante unos pocos milisegundos y regresa al estado inactivo durante unos segundos, en este lapso se pueden realizar distintos procedimientos como la funcionalización o la extensión de cadena polimérica (Braunecker et al., 2007).

Las técnicas de polimerización radicalaria controlada/viviente se pueden aplicar a una amplia gama de monómeros con diversas funcionalidades, ofreciendo la

oportunidad de preparar cadenas poliméricas de arquitecturas complejas y distribución de pesos moleculares estrecha (índice de dispersidad entre 1.01 y 1.50) (Figura 1). Además, los polímeros sintetizados a través de estas técnicas pueden extenderse de manera sucesiva permitiendo la preparación de copolímeros en bloque con composiciones controladas, como se muestra en la Figura 2.

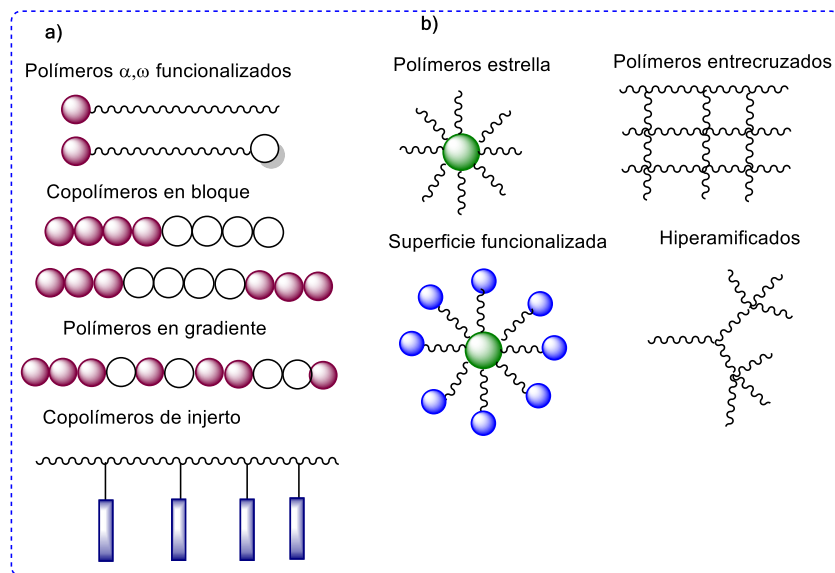
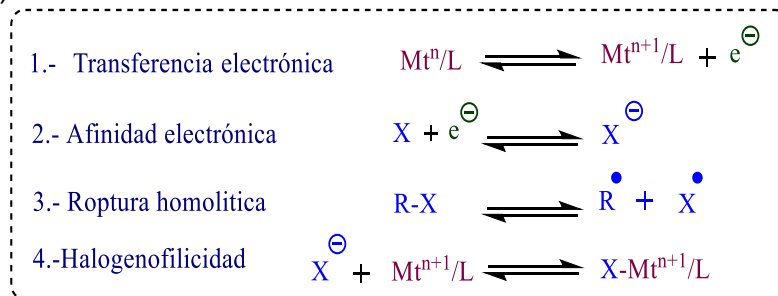


Figura 1. Ejemplos de las diferentes estructuras poliméricas que pueden ser obtenidas por CRP: a) composición; b) estructura

La polimerización radicalaria por transferencia de átomo ATRP

La polimerización de ATRP permite polimerizar una amplia gama de monómeros (vinílicos, acrílicos y metacrílicos). Fue desarrollada mediante el diseño de un catalizador adecuado usando un iniciador con una estructura apropiada y ajustando las condiciones de polimerización para que el peso molecular se incremente linealmente con la conversión y las dispersidades típicas de un proceso viviente. ATRP es un sistema multicomponente compuesto por el monómero M, un alquil halogenuro como iniciador (RX) y un catalizador (Mt^{n+1}/L) (complejo de un metal de transición con ligantes adecuados). A veces se utiliza un aditivo o un co-catalizador (Ando *et al.*, 2000), los cuales en su mayoría son alcóxidos de aluminio, agentes reductores o alquilaminas que contribuyen a mejorar el control de la polimerización (Esquema 2).



Esquema 2: Representación del mecanismo de catálisis en ATRP; donde Mt es metal de transición, L -ligande y X - halogeno.

La interacción entre iniciador y el complejo metálico se muestra en Esquema 3, así como cuatro reacciones elementales (Braunecker et al., 2007) y puede ser dividida en dos partes:

- La primera involucra la afinidad electrónica (reducción del halógeno a un ion haluro), así como la ruptura homolítica del enlace carbono-halógeno (R-X) del iniciador.
- La segunda parte se relaciona con la oxidación del complejo del metal de transición (potencial redox) y la asociación del ion haluro al complejo metálico en estado de oxidación superior (halogenofilicidad) reacciones 1 y 4. De acuerdo con el mecanismo, los complejos que poseen el potencial redox más bajo y alta hlogenofilicidad deben tener más alta actividad catalítica.

Se han polimerizado exitosamente por ATRP diversos monómeros que incluyen varios estirenos sustituidos, acrilatos, acrilonitrilo, metacrilatos, vinilpiridina, pero la polimerización controlada de tales monómeros como acetato de vinilo y cloruro de vinilo todavía representa un reto (Qiu et al., 1997). Esto se debe al hecho de que las especies radicales generadas por estos últimos monómeros son altamente reactivas a causa de su naturaleza no conjugada (falta de estabilización por resonancia) y grupos laterales que son fuertes donadores de electrones, lo cual puede originar su participación en reacciones de transferencia tipo π en su interacción con el complejo. El otro reto para procesos de ATRP es el desarrollo de un sistema catalítico el cual sea capaz de polimerizar diferentes monómeros bajo las mismas condiciones, lo que abriría un camino a la fácil síntesis de co-polímeros en bloque.

Como se mencionó anteriormente, la técnica de ATRP mediada por una variedad de catalizadores con base de diferentes metales de transición fue realizada con éxito (Nonaka et al., 2001). Los complejos de cobre con ligantes a base de nitrógeno han sido los más estudiados y aplicados por su alta eficiencia, fácil síntesis y bajo precio; la gran mayoría de los mecanismos propuestos para este proceso fue desarrollado utilizando datos con estos compuestos. Cabe mencionar, que ATRP con otros catalizadores frecuentemente muestran un comportamiento muy diferente a los de cobre. Muchos catalizadores con otros metales pueden usarse para llevar a cabo la polimerización controlada de un tipo de monómeros (es selectiva), a diferencia de estos, los complejos ciclometalados de Ru(II) mostraron un comportamiento muy prometedor para polimerización controlada de varios monómeros y por esta razón puede servir para el diseño de un nuevo sistema catalítico universal.

Resultados y Discusión.

Se utilizó estireno 99% (St) y metacrilato de metilo 99% (MMA) como monómeros y como iniciador se utilizó 2-bromoisobutirato de etilo (EBiB, 98%). Los monómeros

fueron lavados tres veces con una solución de NaOH al 10% y se purificaron mediante columna de Al₂O₃, antes de ser usados para la síntesis de copolímeros.

Síntesis de copolímeros.

Las copolimerizaciones se realizaron en solución (monómeros St:MMA/disolvente 50 % v/v) con 2-bromoisobutirato de etilo EBiB como iniciador y n-decano (0,3 mL) como patrón interno. Las relaciones molares iniciales en la mayoría de las polymerizaciones fueron en diferentes proporciones de monómeros [Monómeros St:MMA]₀/[EBiB]₀/[RuII]₀ = 200/1/1. El procedimiento se realizó de la siguiente manera: se añadió el complejo *cis*-[Ru(*o*-C₆H₄-2-py)(fen)(MeCN)₂]PF₆ (Figura 2), a un tubo Schlenk bajo un flujo constante de argón. Posteriormente se añadió simultáneamente una mezcla de diferentes composiciones (%) en masa de diferentes monómeros St y MMA en tolueno, mediante una jeringa y la mezcla se desgasificó por ciclos de congelación-descongelación (por triplicado en N₂ líquido). Después de agitar unos 15 minutos para generar soluciones homogéneas, se añadió EBiB y el tubo se sumergió en un baño de aceite previamente precalentado a 80°C. Se tomaron muestras periódicamente con una jeringa purgada con N₂. Finalmente, los productos poliméricos se precipitaron en MeOH frío. Las muestras para el análisis de RMN ¹H se purificaron a través de una columna de cromatografía para eliminar el catalizador.

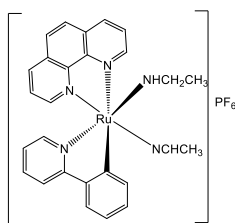


Figura 2. Estructura del catalizador *cis*-[Ru(*o*-C₆H₄-2-py)(fen)(MeCN)₂]PF₆

Copolímero de PSt-b-PMMA

Se sintetizó el copolímero de PMMA-b-PSt mediante una ruta térmica, para lo cual se modificaron las cantidades de los monómeros de estireno y metacrilato de metilo [St]₀[MMA]₀/[I]₀/[EBiB]₀, 200/1/1. Se añadieron a un matraz Schlenk, repitiendo la reacción a con diferentes tiempos y temperaturas de reacción. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

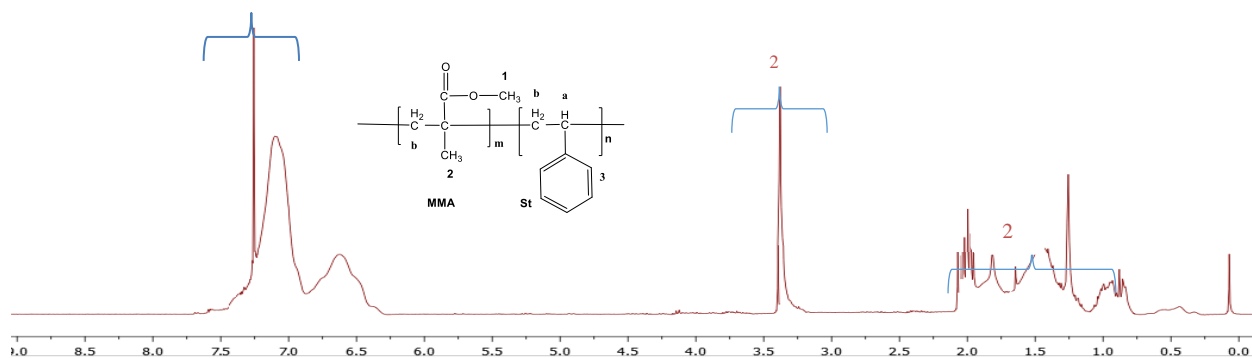


Figura 3. Espectro de RMN de ^1H (400 MHz, CDCl_3 , TMS) de PSt-b-PMMA

Tabla 1. Termopolimerizaciones de la mezcla de monómeros de St/MMA.

No.exp	Mezcla de monómeros (% mol)	Tiempo(h)	% Conversión a diferentes temperaturas de los monómeros $^{\circ}\text{C}$					
			80 $^{\circ}\text{C}$		90 $^{\circ}\text{C}$		100 $^{\circ}\text{C}$	
			St	MMA	St	MMA	St	MMA
1	90% St + 10% MMA	8	-	5	-	8	58	12
2		12	-	6	4	6	67	14
3	90% MMA + 10% St	8	-	35	3	40	7	42
4		12	-	37	5	42	8	48
5	80% St + 20% MMA	8	-	6	6	8	50	10
6		12	-	8	7	9	56	12
7	80% MMA + 20% St	8	-	37	3	41	8	44
8		12	-	39	5	43	7	47
9	70% St + 30% MMA	8	-	15	7	18	48	12
10		12	-	16	8	19	52	14
11	70% MMA + 30% St	20	-	15	5	35	14	39
12		25	-	24	6	37	16	42
13	50% MMA + 50% St	28	-	29	8	35	42	40
14		32	-	34	9	38	47	42

Condiciones: $[\text{monómeros}]_0 / [\text{RuII}]_0 / [\text{EBiB}]_0 = 200/1/1$; Monomero/solvente= 50% v/v

Con los resultados obtenidos en la tabla 1, se puede observar que cuando existen diferentes composiciones de las mezclas, el estireno (St) no polimeriza a una temperatura de 80 $^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, cuando una mezcla de 90% St + 10% MMA (exp 1- 2), se observa que se tiene muy poco % de conversión de MMA, lo que sugiere que el polímero está compuesto en su mayoría por PSt, estos resultados fueron verificados por el espectro ^1H NMR.

Para la composición de la mezcla 90% MMA + 10% St, se observa que el MMA comienza a polimerizar a una temperatura de 80 $^{\circ}\text{C}$, y su conversión aumenta directamente con la temperatura y el tiempo de reacción, ya que se observa que posiblemente el monómero formado esté mayoritariamente compuesto por MMA.

En el experimento 14, cuando se tienen cantidades equivalentes de monómero de St y MMA se obtiene un copolímero formado con partes iguales de PSt-b-PMMA (Figura 3).

Conclusiones.

De acuerdo al comportamiento del rendimiento de las diferentes reacciones se concluye que hay comportamientos similares cuando existen diferentes composiciones en las mezclas (exp 5-12) que al variar el monómero mayoritario en la mezcla, este dirige completamente a la homopolimerización. En el caso de que las mezclas tengan la misma composición 50% MMA + 50% St, se observa que la conversión de monómero a un copolímero a una temperatura de 90° y 100°C

Agradecimientos.

La Dra. Jessica Jazmín Sánchez García, agradece a DGAPA por la beca de posdoctorado DGAPA-UNAM. Los autores agradecemos el apoyo técnico a M. en C. Gerardo Cedillo Valverde y al M. en C. Salvador López Morales, al proyecto DGAPA-PAPIIT AG-100323..

Referencias

- Ando T., Kamigaito M., Sawamoto M. (2000). Metal Alkoxids as additives for Ruthenium(II)-Catalyzed living Radical Polymerization, *Macromolecules*, 33(18), 6732-6737, <https://doi.org/10.1021/ma992158d>
- Braunecker W.A., Matyjaszewski K. (2007). Controlled living radical polymerization: Features, developments, and perspectives. *Prog Polym. Sci.* 32, 93-146, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.11.002>
- Braunecker W.A., Tsarevsky N., Gennaro A., Matyjaszewski K. (2009) Thermodynamic components of the atom transfer Radical Polymerization Equilibrium; Quantifying Solvent Effects. *Macromolecules*, 42, 6348-6360, <https://doi.org/10.1021/ma901094s>
- Corrigan N., Jung K., Moad G., Hawker C., Matyjaszewski K., Boyer C., (2020). Reversible-deactivation radical polymerization (Controlled/living radical polymerization): From discovery to materials design and applications, *Prog. Poly. Sci.*, 111, 101311, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2020.101311>
- Dadashi-Silab S., Matyjaszewski K. (2020). Iron Catalysts in Atom Transfer Radical Polymerization, *Molecules*, 25(7), 1648-1694, <https://doi.org/10.3390/molecules25071648>
- Matyjaszewski K., (2012). Atom Transfer Radical Polymerization (ATRP): Current Status and Future Perspectives, *Macromolecules*, 45(10), 4015-4039, <https://doi.org/10.1021/ma3001719>
- Murahashi, S.-I. (Ed), (2004). Ruthenium in Organic Synthesis WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 978-3-527-30692-3
- Nonaka H., Makoto O., Kamigaito M., Sawamoto M. (2001) MALDI-TOF-MS, Analysis of Ruthenium(II) Mediated Living Radical polymerization of Methyl Methacrylate, Methyl Acrylate and Styrene, *Macromolecules*, 34, 2083-2088, <https://doi.org/10.1021/ma001009o>
- Ouchi M., Terashima T., Sawamoto M. (2009). Transition metal-catalyzed living radical polymerization: toward perfection in catalysis and precision Polymer synthesis, *Chem. Rev.* 109 (11) 4963-5050, <https://doi.org/10.1021/cr900234b>
- O'Reilly R.K., Shaver M.P., Gibson V.C., (2006). Nickel (II) alpha-diimine catalysts for the atom transfer radical polymerization of styrene, *Inorg. Chim. Acta*, 359, 4417-4420, <https://doi.org/10.1016/j.ica.2006.06.026>
- Qiu J., Matyjaszewski K. (1997) Polymerization of substituted Styrenes by atom Transfer Radical Polymerization. *Macromolecules*, 30, 5643-5648

- Ryabov A. D., Sukharev V-S., Alexandrova L., Le Lagadec R., Pfeffer M. (2001). New Synthesis and New Bio-Application of cyclometalated Ruthenium (II) Complexes for Fast Mediated Electron Transfer with Peroxidase and Glucose Oxidase, *Inorg Chem*, 40, 6529-6532, <https://doi.org/10.1021/ic010423h>
- Siegwart D.J., Oh J.K., Matyjaszewski K. (2012). ATRP in the design of functional materials for biomedical applications, *Prog. Polym. Sci*, 37, 18-37, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.08.001>
- Vargas N., Espinosa Jalapa N., López Morales S., Alexander D., Ryabov., Le Lagadec R., Alexandrova L. (2012). Light-Driven Living/Controlled Radical Polymerization of Hydrophobic Monomers Catalyzed by Ruthenium (II) Metalacycles, *Macromolecules*, 45(20), 8135-8146, <https://doi.org/10.1021/ma3014383>
- Vargas N., Aguilar Lugo C., Diaz González O., Le Lagadec R., Alexandrova L. (2013) Cyclometalated Ruthenium (II) Complex as a Versatile Catalyst for Living/Controlled Radical Polymerization of Hydrophobic and Hydrophilic Monomers, *Macromol Sym*, 325-326, 10-20, <https://doi.org/10.1002/masy.201200037>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DESARROLLO DE UNA BIOPELÍCULA DE CELULOSA EXTRAÍDA DEL PSEUDOTALLO DE BANANO.

O. Juárez-Vidal¹, J. D. Santamaría-Juárez^{1,2}, C. D. Arrieta-González¹ y E. García-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- juarezvidaloscscar@gmail.com, cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx, edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx

²Facultad de Ingeniería Química- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla - deisy.santamaria@correo.buap.mx

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: El pseudotallo de banano constituye un residuo agroindustrial lignocelulósico abundante en las empresas dedicadas al cultivo de esta planta. El cual se compone de 37.27% de celulosa, 27.01% de hemicelulosa y 30.34% de lignina y macronutrientes como Ca (9.34%), Mg (0.18%) y K (62.43%). La extracción de celulosa se llevó a cabo aplicando tratamiento químico alcalino con NaOH al 4%, hidrólisis ácida con HCl al 0.05 N y blanqueamiento con NaClO al 1.125% y fue monitoreado por FTIR-ATR, en donde se identificó la banda en 1610 cm⁻¹ característica de la lignina, siendo corroborada por UV/Vis en donde se cuantificó un 0.088 g/L de lignina removida, y una señal intensa en 1021 cm⁻¹ asociada al estiramiento C-O proporcionado por la concentración de celulosa. Las micrografías SEM mostraron microfibrillas entretrejidas de forma libre con apariencia redondas/elipsoide con diámetro de 3 µm y longitud mayor a 200 µm. Fue viable desarrollar tres biopelículas circulares con la celulosa y [BMIM][Cl] como solvente, las cuales tuvieron un diámetro de 6 cm y un espesor de 39.70 ±8.88 µm para las biopelículas de celulosa comercial, 58.70 ±8.86 µm para la relación 1:1 y 28.30 ±4.83 µm para la relación 1:2, así como un peso promedio de 1.44 ±0.14 g.

Introducción.

Los productos plásticos son elaborados a partir de polímeros sintéticos, los cuales hoy en día se han convertido en el alma de la vida moderna y se engloban en todos los aspectos de nuestra sociedad (Issifu *et al.*, 2021). El procesamiento de la mayoría de los productos plásticos se encuentra en la producción de bolsas, botellas y en casi todos los empaques, sin embargo, su uso desmedido ha contribuido al deterioro del medio ambiente. Obtener materiales que sustituyan a los polímeros sintéticos derivados del petróleo ha sido un gran desafío, debido a que estos deben poseer propiedades físicas, térmica y mecánicas similares para su aplicación. Además de tener estabilidad química para la formulación de materiales con bajo impacto ambiental en su manejo y acumulación.

Una alternativa es el uso de biopolímeros como la celulosa extraída de los residuos agroindustriales. La industrialización de la planta de banano conocida científicamente como *Musa paradisiaca*, es uno de los cultivos de mayor importancia en la agricultura de México. Cuyo principal uso es para la obtención de su fruto (plátano) y su procesamiento para la elaboración de alimentos como mermeladas, snacks, harinas y bebidas (Koner *et al.*, 2019). Esta actividad genera un producto de postcosecha “el pseudotallo”, considerado como un residuo agroindustrial, ya que el ciclo de vida de esta planta está limitado a producir un racimo de fruta, por lo que una vez que es cosechada esta es desechada en campo abierto para su descomposición. La acumulación del pseudotallo causa contaminación ambiental

por la generación de gases tóxicos como metano (CH₄) y ácido sulfhídrico (H₂S), además puede propagar enfermedades y contaminar fuentes de agua (Chen *et al.*, 2021). Este residuo agroindustrial se puede clasificar como una biomasa lignocelulósica del tipo residual, ya que se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina, por lo que su aplicación en la extracción de estos biopolímeros puede llegar a ser muy emplea (Jin *et al.*, 2017).

Los residuos agrícolas son considerados recursos de biomasa renovable en todo el mundo, entre posibles fuentes de energía y producción de plásticos. La celulosa es el biopolímero más abundante de la biomasa (Kartal *et al.*, 2021), es un compuesto orgánico de tipo lineal que está formado por unidades de monosacáridos de glucosa, es decir, se trata de un homopolisacárido compuesto por unidades de *D*-glucopiranosas unidas mediante enlaces β-1,4-glucosídicos (Muddasar *et al.*, 2022). La principal ventaja que tiene la celulosa sobre los polímeros sintéticos es su biodegradabilidad (Peil *et al.*, 2022) y biocompatibilidad (Liang *et al.*, 2020) siendo las principales propiedades que se busca en diversos materiales.

El pseudotallo de banano constituye un residuo agroindustrial lignocelulósico abundante en las empresas dedicadas al cultivo de esta planta. Su estructura está compuesta del 20-70% de celulosa, 20-30% de hemicelulosa y 10-30% de lignina (Manimaran *et al.*, 2020; Ibrahim *et al.*, 2013), por lo anterior es factible la extracción de celulosa utilizando un pretratamiento de deslignificación, siendo el alcalino el más efectivo de acuerdo con lo reportado por diversos autores. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la composición del pseudotallo de banano y extraer celulosa aplicando el tratamiento químico alcalino con NaOH, para la formulación de biopelículas utilizando líquido iónico de cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio como solvente.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se recolectó pseudotallo de banano de la empresa Rio Teapa S. de R.L, Tabasco, México. Se determinó el porcentaje de humedad, cenizas y componentes lignocelulósicos siguiendo la metodología descrita por ANSI/ASTM (1977 a y b) y Browning (1967). Se cuantificaron Ca, Na, Mg, K mediante espectroscopia de absorción atómica por flama (AAS) (AAlyst 400, Perkin Elmer). El pseudotallo de banano seco y tamizado se sometió a tratamiento químico alcalino siguiendo la metodología de Cheng *et al.* (2014), usando NaOH al 4% a 70 °C durante 2 h, hidrólisis ácida con HCl a 0.05 N a 70 °C durante 2 h y finalmente un blanqueo con NaClO al 1.125% a 70 °C durante 4 h. Se caracterizó por espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier (FTIR-ATR) (Spectrum Two, Perkin Elmer), análisis morfológico por microscopía electrónica de barrido (SEM) (JSM-6610LV, JEOL).

Se formaron biopelículas variando la concentración de celulosa y líquido iónico cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio [BMIM][Cl], la mezcla se mantuvo en agitación a 80 °C durante 30 min hasta obtener una solución viscosa, posterior se colocó en un baño ultrasónico a 80 °C durante 20 min. Las biopelículas se formaron por el método de evaporación del solvente, por lo que la solución viscosa después del tratamiento

con ultrasonido se colocó en cajas petri de 6 cm de diámetro y se secaron a 75 °C durante 15 min, finalmente las biopelículas fueron lavadas con metanol/agua siguiendo la metodología descrita por Abdulkhani *et al.*, (2013) para su caracterización por SEM, se determinó el espesor y peso.

Resultados y Discusión.

La Tabla 1, muestra la composición del pseudotallo de banano, en donde se observa que se compone por 90.95% de humedad y 0.68% de cenizas, además se identificó que el potasio es el mineral más abundante en esta biomasa y que depende de las condiciones del suelo donde la planta fue cultivada (Torres *et al.*, 2020). Este estudio muestra que el pseudotallo de banano tienen una cantidad equivalente de celulosa que otras biomásas lignocelulósicas tales como el tallo de maíz (36.89%) (Zhang *et al.*, 2021), paja de trigo (38.00%) y cascara de arroz (35.00%) (Torres *et al.*, 2021).

Tabla 1. Composición del pseudotallo de banano

Composición (%)	
Humedad	90.95
Cenizas	0.68
Celulosa	37.27
Hemicelulosa	27.01
Lignina	30.34
Calcio	9.34
Magnesio	0.18
Potasio	62.43

La Figura 1, muestra los espectros FTIR-ATR obtenidos de la muestra de pseudotallo de banana sin tratamiento (a), en donde se muestra la presencia de un pico en 1624 cm^{-1} que corresponde a la vibración del estiramiento de los enlaces C=C de los anillos aromáticos y un pico en 1408 cm^{-1} asignado al enlace O-H, característicos de la estructura de la lignina y un pico intenso en 1021 cm^{-1} atribuido a los enlaces C-O de la celulosa tal como lo señala Flores *et al.*, (2020). El espectro (b) corresponde al tratamiento químico alcalino con NaOH, en donde se observa un incremento de picos que aparecen en el intervalo de 1408 cm^{-1} a 1625 cm^{-1} correspondientes a la vibración C=C de la lignina, lo que indica que su remoción fue parcial, este resultado coincide con los espectros obtenidos por espectrofotometría de UV/Vis, en donde se cuantifico de la misma muestra un 0.088 g/L de lignina removida. En el espectro (c) que corresponde a la hidrólisis ácida con HCl y el espectro (d) para el blanqueo con NaClO, se observa el aumento de la señal en 1021 cm^{-1} asociada al estiramiento C-O proporcionado por la concentración de moléculas de celulosa, tal como lo señala Bolio *et al.*, (2011).

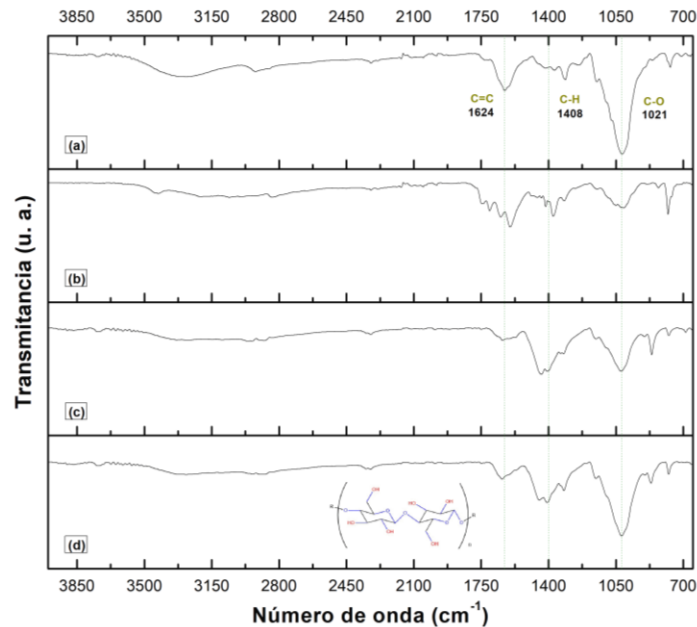


Figura 1. Espectros de FTIR-ATR de extracción de BN-CL.

La Figura 2, muestra las micrografías de la extracción de celulosa donde (a) muestra el pseudotallo de banano sin tratamiento, en la cual se presenta una estructura conformada por escamas, formando capas debido a la presencia de hemicelulosa y lignina. Después de aplicar el tratamiento químico alcalino (b) se observa que la fibra es afectada, dejando expuestas las microfibrillas de celulosa, así como la presencia de residuos que pueden asociarse a la lignina no removida en su totalidad (Romero *et al.*, 2014). Al aplicar hidrolisis ácida (c) se reduce el diámetro de las microfibrillas en 3.00 μm , por la remoción de las partículas aglomeradas de hemicelulosa y lignina remanentes en la superficie. Al aplicar el blanqueo (d) se observan las microfibrillas entretreídas de forma libre con apariencia redondas/elipsoide con diámetro de 3 μm y longitud mayor a 200 μm , de acuerdo con Bolio *et al.*, (2011) describe que estas dimensiones son típicas de las microfibrillas de celulosa.

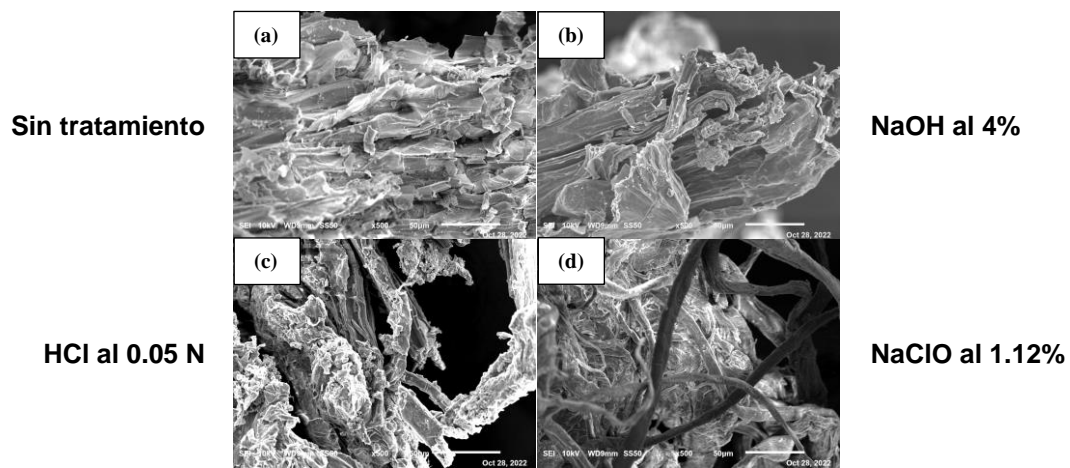


Figura 2. Micrografías SEM de extracción de BN-CL.

Las tres biopelículas elaboradas a partir de celulosa comercial y celulosa extraída del pseudotallo de banano usando como solvente [BMIM][Cl] se muestran en la Figura 3. Las biopelículas son transparentes y flexibles, resultando fácil de manipular. Sin embargo, a mayor concentración de BN-CL, se tornaron de color amarillo muy claro (c). Los valores promedio de los espesores fueron de $39.70 \pm 8.88 \mu\text{m}$ para las biopelículas de celulosa comercial, $58.70 \pm 8.86 \mu\text{m}$ para la relación 1:1 y $28.30 \pm 4.83 \mu\text{m}$ para la relación 1:2 y un peso promedio de $1.44 \pm 0.14 \text{ g}$.

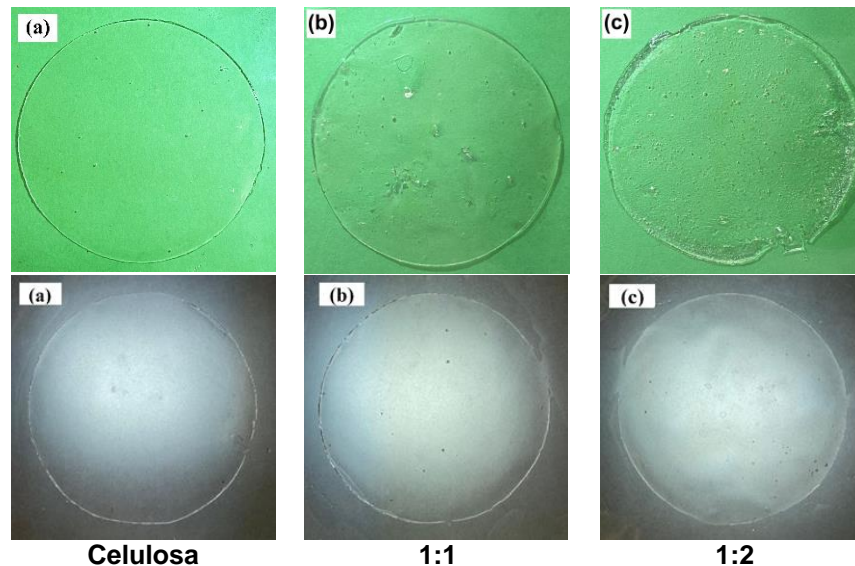


Figura 3. Biopelículas de celulosa / BN-CL usando como solvente [BMIM][Cl].

En la Figura 4, se muestran las micrografías de superficie de cada una de las películas de celulosa / BN-CL a una magnificación de 750x. La biopelícula de celulosa comercial presenta una superficie lisa y homogénea en comparación con las biopelículas de BN-CL, ya que se observa una superficie rugosa por la presencia de partículas de celulosa no disueltas. Los resultados obtenidos indican buena compatibilidad entre la celulosa y [BMIM][Cl] permitiendo la formación de una matriz polimérica. Estos resultados son comparados con los obtenidos por Nor Amalini *et al.*, (2019) y Hu *et al.*, (2021) quienes obtuvieron películas homogéneas y uniformes, e indicaron una disolución mayor al 60% de la celulosa al usar [BMIM][Cl] como solvente.

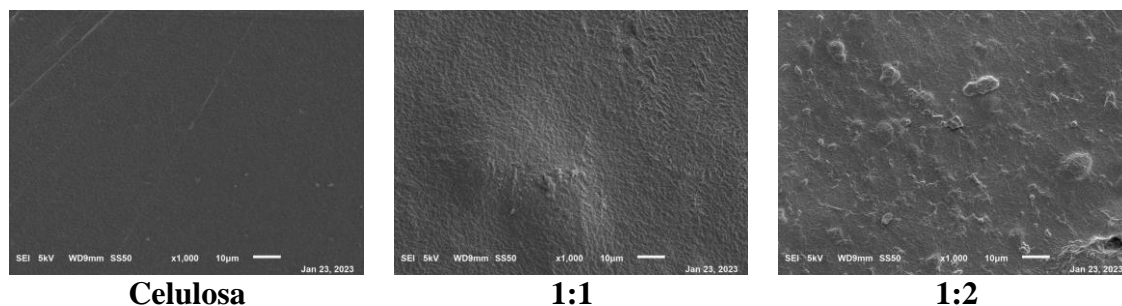


Figura 4. Micrografías SEM de biopelículas.

Conclusiones.

La cantidad de celulosa (37.27%) que contiene el pseudotallo de banano permitió establecer una metodología adecuada para realizar la deslignificación empleando el tratamiento químico de alcalino, hidrólisis ácida y blanqueo, lo que se sugiere que podría usarse para la extracción de este biopolímero en lugar de ser desechado como residuo agroindustrial. En los resultados por las técnicas de análisis de FTIR-ATR, UV/Vis y SEM se identificó la presencia de lignina después de los tratamientos químicos, sin embargo, fue posible obtener tres biopelículas usando como solvente los líquidos iónicos [BMIM][Cl], logrando buena compatibilidad con la celulosa.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la empresa Rio Teapa S. de R.L, a la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZacatepec), así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México).

Referencias

- Abdulkhani, A., Hojati Marvast, E., Ashori, A., & Karimi, A. N. (2013). Effects of dissolution of some lignocellulosic materials with ionic liquids as green solvents on mechanical and physical properties of composite films. *Carbohydrate Polymers* 95, 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.040>
- Bolio, G. I., Valadez, A., Veleza, L. and Andreeva, A. (2011). Whiskers de celulosa a partir de residuos agroindustriales de banano: obtención y caracterización. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 10, 291-299.
- Chen, Y., Wang, W., Zhou, D., Cai, B., Zhang, M., Qi, D., Jing, T., Zang, X., Zhang, L., & Xie, J. (2021). *Acetobacter orientalis* XJC-C with a high lignocellulosic biomass-degrading ability improves significantly composting efficiency of banana residues by increasing metabolic activity and functional diversity of bacterial community. *Bioresource Technology*, 324(December 2020), 124661. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124661>
- Cheng, S., Panthapulakkal, S., Sain, M., & Asiri, A. (2014). Aloe vera rind cellulose nanofibers-reinforced films. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(15), 1–9. <https://doi.org/10.1002/app.40592>
- Flores, V., Córdova, E., Silahua, A. A., Torres, J. G., Sierra, U., Fernández, S., Godavarthi, S., Ortiz, F. and Espinosa, C. G. (2020), Cellulose obtained from banana plant waste for catalytic production of 5-HMF: Effect of grinding on the cellulose properties. *Fuel* 265, 116857. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116857>
- Hu, Y., Guo, Q., Liu, P., Zhu, R., Lu, F., Ramaswamy, S., Wu, Y., Xu, F., & Zhang, X. (2021). Fabrication of Novel Cellulose-Based Antibacterial Film Loaded with Poacic Acid against *Staphylococcus Aureus*. *Journal of Polymers and the Environment* 29, 745-754. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01915-4>
- Ibrahim, M. M., El-Zawawy, W. K., Jüttke, Y., Koschella, A., & Heinze, T. (2013). Cellulose and microcrystalline cellulose from rice straw and banana plant waste: Preparation and characterization. *Cellulose*, 20(5), 2403–2416. <https://doi.org/10.1007/s10570-013-9992-5>
- Issifu, I.; Deffor, E.W.; Sumaila, U.R. How COVID-19 Could Change the Economics of the Plastic Recycling Sector. *Recycling* 2021, 6, 64. <https://doi.org/10.3390/recycling6040064>
- Jin, X., Chen, X., Shi, C., Li, M., Guan, Y., Yu, C. Y., Yamada, T., Sacks, E. J., & Peng, J. (2017). Determination of hemicellulose, cellulose and lignin content using visible and near infrared spectroscopy in *Miscanthus sinensis*. *Bioresource Technology*, 241, 603–609. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.047>

- Kartal, F., & Özveren, U. (2021). An improved machine learning approach to estimate hemicellulose, cellulose, and lignin in biomass. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100148. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100148>
- Koner, S., Dash, P., Priya, V., & Rajeswari, V. D. (2019). Natural and Artificial Beverages: Exploring the Pros and Cons. *Natural Beverages*, 427–445. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816689-5.00015-8>
- Liang, Y., Zhu, H., Wang, L., He, H., & Wang, S. (2020). Biocompatible smart cellulose nanofibres for sustained drug release via pH and temperature dual-responsive mechanism. *Carbohydrate Polymers*, 249(June), 116876. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116876>
- Manimaran, P., Pillai, G. P., Vignesh, V., & Prithiviraj, M. (2020). Characterization of natural cellulosic fibers from Nendran Banana Peduncle plants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 1807–1815. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.111>
- Muddasar, M., Beaucamp, A., Culebras, M., & Collins, M. N. (2022). Cellulose: Characteristics and applications for rechargeable batteries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 219(July), 788–803. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.026>
- Nor Amalini, A., Noor Haida, M. K., Imran, K., & Mohamad Haafiz, M. K. (2019). Relationship between dissolution temperature and properties of oil palm biomass based-regenerated cellulose films prepared via ionic liquid. *Materials Chemistry and Physics* 221, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2018.09.028>
- Peil, S., Gojzewski, H., & Wurm, F. R. (2022). Reversible Acetalization of Cellulose : A Platform for Bio-based Materials with Adjustable Properties and Biodegradation. *Chemical Engineering Journal*, 139280. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.139280>
- Romero, P., Marfisi, S., Oliveros, P., Rojas, B. and Peña, G. (2014). Obtención De Celulosa Microcristalina A Partir De Desechos Agrícolas Del Cambur (Musa Sapientum). *Síntesis De Celulosa Microcristalina. Revista Iberoamericana de Polímeros* 15, 286-300.
- Torres, F. G., Troncoso, O. P., Rodriguez, L. and De la torre, G. E. (2021). Sustainable synthesis, reduction and applications of graphene obtained from renewable resources. *Sustainable Materials and Technologies* 29, e00310. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00310>
- Torres, G. A., Marulanda, J S., Villa, R. (2020). Descripción de la calidad fisicoquímica de los residuos de sabila (Aloe vera) (L.) Burm. f. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, vol. 32(1): 16-21. <https://doi.org/10.33975/riuv.vol32n1.271>
- Zhang, Y., Wang, H., Sun, X., Wang, Y., & Liu, Z. (2021). com Separation and Characterization of Biomass Components (Cellulose, Hemicellulose, and Lignin) from Corn Stalk. 16(4), 7205–7219.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

OBTENCIÓN Y MATERIAL HÍBRIDO DE GRENETINA REFORZADA CON GRAFENO DECORADO CON CU, OBTENIDO POR ASPERSIÓN

L. Ortega-Rosas¹, C. D. Arrieta-González¹, A. Olarte-Paredes¹, E. García-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, mg05090355@zacatepec.tecnm.mx, edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx, cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx, alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx,

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: En este trabajo de investigación se presentan los avances más recientes en el desarrollo de un material híbrido, formulado a base de grenetina y grafeno, decorado con partículas de Cu, adicionando también glicerol como agente plastificante y una biopelícula con la matriz de grenetina, con medidas de 2 cm por 2 cm. Para la preparación de la solución formadora de película, se utilizó un equipo de baño ultrasónico, para mejorar la exfoliación y dispersión del grafeno. La solución formadora de película (SFP) fue aplicada por la técnica de aspersión, empleando un mini aerógrafo. Se realizaron ocho aspersiones sobre una bolsa polietileno, en una base firme. Este proceso es muy práctico, ya que permite usar muy bajas cantidades de grafeno decorado, además se puede tener un mejor control en el espesor de los materiales y excelente flexibilidad. Los materiales obtenidos, se les ha evaluado su espesor promedio, se les ha caracterizado por espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR-ATR), se les ha analizado su morfología por microscopia electrónica de barrido (SEM) y se les han realizado pruebas de solubilidad en agua. Los resultados obtenidos hasta ahora, para los dos materiales híbridos, de acuerdo con lo reportado en la literatura, permite pensar que es un candidato potencial para ser utilizados como recubrimientos para protección de otros materiales o en el desarrollo de sensores para la detección de gases.

Introducción.

En los últimos años, con el desarrollo de la nanotecnología, se han fabricado una gran cantidad de materiales híbridos, utilizando nanomateriales de carbono (NMC), dado su excelente rendimiento en el desarrollo de biosensores, sistemas de administración de fármacos, antimicrobianos, electrodos modificados y sistemas de almacenamiento de energía, entre otras aplicaciones. Una alternativa es la elaboración de materiales híbridos a base de nanocompuestos de grafeno y óxido de grafeno (GO) que han reportado biocompatibilidad con el ser humano. De acuerdo con Azizi *et al.*, (2021) los materiales híbridos comprenden una amplia gama de aplicaciones como: clínica modernas, rurales y en mezclas ideales de biopolímeros y nanomateriales de carbono. Por otro lado, una de las áreas de gran interés a nivel mundial, es la producción de materiales híbridos, utilizando un biopolímero como fase continua y nanomateriales de grafeno decorados con metales como el Cu, como fase dispersa, para su aplicación en diferentes campos, tales como adsorción y separación de compuestos orgánicos e inorgánicos, degradación fotocatalítica de materias orgánicas, desinfección y compuestos antimicrobianos, almacenamiento y producción de hidrógeno, biosensores electroquímicos, etc. (Punetha *et al.*, 2017).

De acuerdo con Urcuyo *et al.* (2021) el grafeno no solo se ha relacionado por su superconductividad, sino que también se há relacionado por tener una diversidad

de aplicaciones, entre ellos se pueden mencionar: los dispositivos para tratamiento de aguas residuales, biosensores, baterías y celdas solares. Así mismo, el grafeno tiene excelentes propiedades electrónicas, fisicoquímicas y mecánicas, debido a su conductividad y permitividad. El cobre se ha registrado como el primer material antimicrobiano sólido y su disponibilidad ha permitido que se constituya una importante opción como agente antibacteriano (Sánchez *et al.*, 2016). De acuerdo con Katwal *et al.*, (2015) reporta que las nanopartículas de cobre muestran una actividad bactericida eficiente, debido a la liberación de iones monovalentes y divalentes que dañan la pared celular de las bacterias.

Por lo anterior, en el presente trabajo se obtuvieron nuevos materiales híbridos formulados a base de gretetina comercial, reforzado con grafeno reducido decorado con cobre, adicionando glicerol como agente plastificante, empleando la técnica de aspersión para la formación de la película y utilizando baja cantidad de la solución formadora de los materiales híbridos con la finalidad de caracterizar las propiedades de los materiales obtenidos, se utilizó la técnica de caracterización de espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier, para analizar las señales de los modos de vibración de los grupos funcionales de los componentes. La morfología y compatibilidad de los materiales fue analizada por microscopía electrónica de barrido, se evaluó también la solubilidad en agua y se determinaron los espesores de cada película. Los resultados de la caracterización sirvieron para comparar las propiedades entre las diferentes formulaciones y también con respecto a una película de gretetina sin grafeno.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para la realización de los materiales híbridos se utilizó como matriz biopolimérica la gretetina de grado alimenticio marca “Duche” y el grafeno reducido, decorado con Cu. Como disolvente alcohol etílico y agua destilada en una relación 1:1. Además, se usó glicerol como agente plastificante. Después se procedió a la elaboración de las 4 biopelículas de acuerdo a la matriz de trabajo, como se muestra en el diagrama de la figura 1.

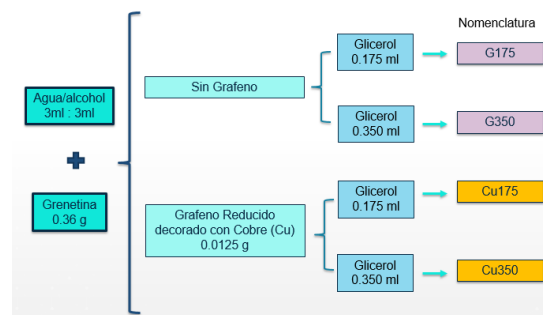


Figura 1. Matriz de Trabajo
Fuente: elaboración propia.

Obtención de los materiales híbridos.

Para la solución formadora de película (SFP), se adicionaron 6 ml de una solución 1:1 (V/V) etanol:agua en un matraz Erlenmeyer y se adicionaron 0.0125 g de grafeno decorado con Cu. 0.36 g de grenetina comercial y glicerol (0.175 y 0.350 ml), esta mezcla se mantuvo durante 2 horas en un baño ultrasónico marca elmasonic S 30 H, a una temperatura de 50 °C y una frecuencia de 60 Hz, hasta obtener una suspensión homogénea. En una base firme de acero inoxidable se pegó una bolsa de polietileno de baja densidad, y con ayuda de una cinta masking, se hicieron moldes de 1 cm de ancho por 10 cm de largo, esto con el fin de poder desprender con facilidad los materiales híbridos. La solución formadora de película (SFP) se vació inmediatamente en un mini aerógrafo para obtener los materiales híbridos. Se aplicaron ocho capas de esta solución, dejando lapsos de 1 minuto entre cada capa aplicada. Los materiales se mantuvieron a 30°C, se desprendieron de la bolsa de polietileno, después de 14 horas y se almacenaron en bolsas de polietileno para su posterior caracterización. Por cada 6 ml de SFP se obtuvieron 6 películas de 1 cm de ancho por 10 cm de largo.

Espesores de los materiales híbridos.

Para determinar el espesor promedio de los materiales híbridos, se realizaron 10 mediciones aleatorias, empleando un Micrómetro Digimatic IP65 MITUTOYO, modelo MDC-1" MJ, con un error permisible de ± 0.00005 ".

Caracterización por FTIR-ATR.

Las Biopelículas obtenidas se analizaron mediante espectroscopia infrarroja con Transformada de Fourier en el espectrómetro marca Perkin Elmer Spectrum Two con software Spectrum® y ATR. Los espectros se obtuvieron en el modo de transmitancia, en un intervalo de 4000 a 550 cm^{-1} , con una resolución de 4 cm^{-1} y 16 barridos, empleando el accesorio de Reflectancia Total Atenuada (ATR).

Caracterización por SEM.

Se determinó la morfología de los materiales utilizando una muestra de cada película, a cada una se le realizó un recubrimiento con oro, para después observarlas muestras en un microscopio electrónico de barrido (marca JEOL modelo JSM-6010LA), utilizando 3 Kv y magnificaciones de 500x, 1,000x, 5,000x y 10,000x.

Prueba de solubilidad en agua.





Para la determinación del porcentaje de solubilidad en agua de los materiales, se empleó la norma ASTM D 570-98, para lo cual, se utilizaron dos muestras de cada formulación con dimensiones de 2X2 cm (C. L. Weller, 2006). Las muestras se pesaron y se colocaron en viales de plástico de 50 ml, después se adicionaron 30

ml de agua desionizada en cada vial y se dejaron en reposo durante 24 horas a 21.4 °C. Al concluir el tiempo, se realizó la decantación del agua de los viales y los residuos de cada vial se colocaron en una charola de aluminio, la cual se llevó a una estufa para su secado durante 24 horas a 100 °C. Finalmente, las muestras secas se pesaron y se procedió a realizar el cálculo el porcentaje de solubilidad.

Resultados y Discusión.

La apariencia de los materiales obtenidos, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales obtenidos.

			
G175	G350	Cu175	Cu350

Fuente: elaboración propia.

Espesores de los materiales híbridos.

Los espesores obtenidos, se muestran en la Tabla 2 y Figura 2.

Tabla 2. Espesor promedio de los materiales obtenidos.

Material	Espesor promedio (mm)
G175	0.10343 ±0.01350
G350	0.11313 ±0.00842
Cu175	0.19980 ±0.04225
Cu350	0.21243 ±0.04043

Fuente: elaboración propia.

Se observar que las películas de grenetina sin grafeno, tienen espesores menores. La diferencia promedio entre los espesores de los materiales con grafeno y sin grafeno es de 0.08 mm. También se aprecia que los materiales con mayor cantidad de glicerol tienen espesores ligeramente más grandes que sus análogos con menor cantidad.

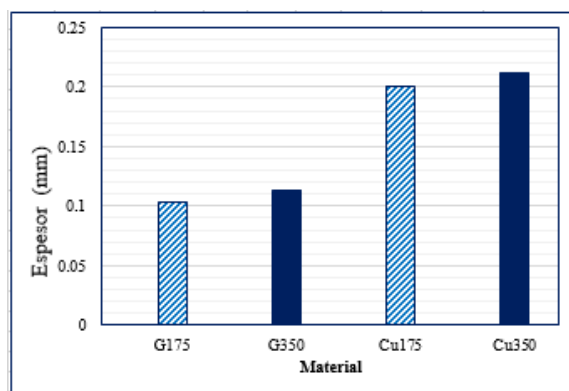


Figura 2. Espesores de los materiales híbridos obtenidos. Fuente: elaboración propia.

Caracterización por FTIR-ATR.

En la Figura 3, se muestran los espectros de FTIR de la grenetina y de los materiales híbridos.

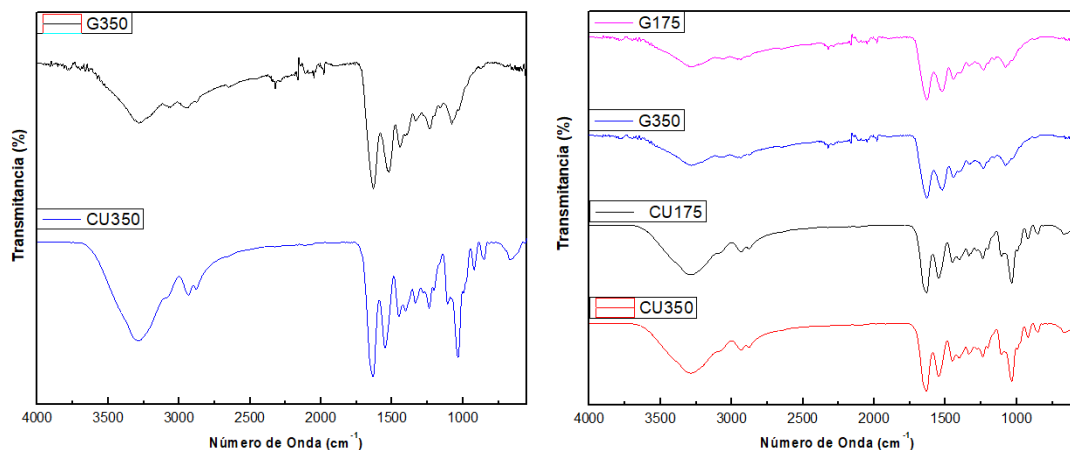


Figura 3. Espectros de FTIR de la grenetina y de los materiales híbridos obtenidos.
Fuente: elaboración propia.

Se puede notar que predominan las señales de los grupos funcionales de la grenetina. De 3000 a 3500 cm^{-1} se observa el estiramiento del O-H, en 2900 a 2999 cm^{-1} se observan los estiramientos asimétricos y simétricos de los enlaces C-H, en la región de la huella dactilar, que comprende de los 2,000 a 500 cm^{-1} , se observan las siguientes señales: 1629 cm^{-1} , que corresponde al estiramiento del C=O, presente en la grenetina y los grafenos, a 1523 cm^{-1} , se observa la flexión del enlace N-H de la grenetina y a 1430 cm^{-1} el estiramiento simétrico de grupos -COOH) y C-N. También se aprecia la señal entre 1600-1660 cm^{-1} , que corresponde a los enlaces C=C aromáticos, presentes en los grafenos.

Caracterización por SEM.

Los resultados obtenidos por el análisis SEM se presenta en las Figuras 4 y 5. Las micrografías de la Figura 4, muestran las secciones de corte transversal para los materiales sin grafeno, G175 (Figura 4A) y G350 (Figura 4B), ambas a 5000X. Es posible observar la disposición laminar, que corresponde con las 8 aspersiones realizadas para su formulación.

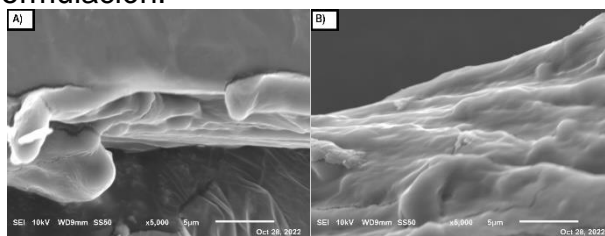


Figura 4. Micrografías de la sección transversal del material A) G175 y B) G350, a 5000X.

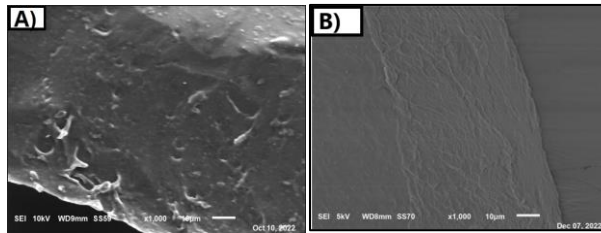


Figura 5. Micrografías a 1000X de las secciones transversales de los materiales híbridos: A) Cu 175 y B) Cu350. Fuente: elaboración propia.

En la figura 5 se muestran las secciones de corte transversal para los materiales híbridos Cu175 (Figura 5A), y Cu350 (Figura 5B), a 1000X. Se observa que, el grafeno permite una mayor compatibilidad en el material obtenido, pues a diferencia de los materiales G175 y G350, en ellos no es posible apreciar las láminas de cada aspersión realizada para su obtención.

Prueba de solubilidad en agua de los materiales híbridos.

La Tabla 3 y la figura 6, muestran los porcentajes promedios de solubilidad en agua, obtenidos para todos los materiales.

Tabla 3. Resultados de solubilidad

Material	Solubilidad			% Solubilidad
	Peso inicial W_i	Peso Final W_f	$W_i - W_f$	
G175	0.0162	0.0011	0.0151	93.2099
G350	0.0167	0.0059	0.0108	64.6707
Cu175	0.0270	0.0149	0.0121	44.8148
Cu350	0.0401	0.0141	0.0260	64.8379

Fuente: elaboración propia

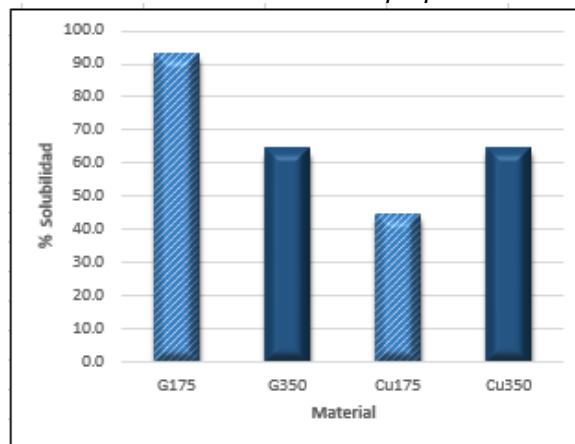


Figura 6. Solubilidad de los materiales obtenidos. Fuente: elaboración propia.

Los resultados de solubilidad, muestran que el material más soluble en agua, es el G175, el cual no contiene grafeno y contiene la menor cantidad de glicerol en su

formulación. La adición de grafenos disminuye de manera significativa el porcentaje de solubilidad en agua para todos los materiales. También se observa que, al incrementar la concentración de glicerol en los materiales G350 y Cu350, hay una disminución en su porcentaje de solubilidad en agua. El material menos soluble en agua, es el Cu175.

Conclusiones

Se lograron obtener 2 materiales híbridos de grafeno decorado con Cu, en una matriz de grenetina comercial, con dos concentraciones diferentes de glicerol, como agente plastificante, y dos biopelículas de referencia, de grenetina y glicerol, sin la adición de grafeno.

Los materiales obtenidos presentaron espesores por debajo de 0.25 mm, siendo los materiales sin grafeno en su composición, los materiales más delgados, mientras que, el material Cu350, fue el más grueso.

La caracterización por FTIR mostró que predominan las señales características de la grenetina, esto debido a que esta representa el 96.56% de la composición del material, con respecto al grafeno.

Por SEM se pudo observar que, los materiales con grafeno en su composición, presentan una mayor homogeneidad y compatibilidad, pues a diferencia de los materiales sin grafeno, en estos no se observó el arreglo laminar generado por cada aspersión.

Los resultados de solubilidad en agua, mostraron que, los materiales menos solubles son aquellos con grafeno en su composición y con mayor concentración de glicerol, obteniendo que, el material más soluble es el G175 con un 93.2099% de solubilidad y el menos soluble es el Cu175, con 44.8148% de solubilidad.

Los resultados obtenidos hasta ahora, permiten afirmar que, es viable obtener materiales híbridos homogéneos, de grenetina comercial y grafenos decorados con Cu, por la técnica de aspersión, utilizando, además, muy bajas concentraciones de estos, lo que permitiría tener costos bajos en la producción de estos materiales.

Un área potencial de aplicación de estos materiales híbridos es en el desarrollo de sensores para la detección de gases y también como películas de protección anticorrosiva.

Agradecimientos.

Se extiende un agradecimiento al TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, por permitir el uso de sus instalaciones para la elaboración de este proyecto y al CONACYT por la beca otorgada bajo el programa Maestría en Ciencias de la Ingeniería, para el desarrollo del estudio de posgrado.

Referencias

- Azizi, M., & Jafari, S. M. (2021). Bio-nanocomposites of graphene with biopolymers; fabrication, properties, and applications. *Advances in Colloid and Interface Science*, 292.
- Katwal, R., Kaur, H., Sharma, G., Naushad, M., Pathania, D. (2015). Electroquímica nanopartículas de óxido de cobre sintetizadas para mejorar la actividad fotocatalítica y antimicrobiana. *J. Ind. Ing. Química*, 31.

- Nabira, F., Umair, Q., Asim, M., Ijaz, B., Rahat, J., Qamar, A., Nimra, N., Zulfiqar, R., Saima, N., Muhammad, Z. (2021). Recent developments for antimicrobial applications of graphene-based polymeric composites: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 100: 40-58.
- Punetha, V., Rana, S., Yoo H., Chaurasia, A., McLeskey, J., Ramasamy, M. (2017). Functionalization of carbón nanomaterials for advanced polymer nanocomposites: a comparison study between CNT and graphene. *Prog Polym Sci*. 67:1–47.
- Pachaiappan, R., Rajendran, S., Show, L., Manavalan, K., & Naushad, M. (2020). Metal/metal oxide nanocomposites for bactericidal effect: A review. *Elsevier Ltd*.
- Rouf, B., & Kokini, L. (2016). Biodegradable biopolymer–graphene nanocomposites. *Journal of Materials. Science*, 51(22), 9915-9945.
- Sánchez, S., Fuentes, R., & Bello, H. (2016). Nanopartículas de cobre como potencial agente antimicrobiano en la desinfección de conductos radiculares. *Revista internacional de odontoestomatología*, 10 (3), 547-554.
- Urcuyo, R., González D., & Cordero, K. (2021). Perspectivas y aplicaciones reales del grafeno. *Revista Colombiana de Química*, 50(1), 51-85.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SÍNTESIS DE ESFERAS FOTOSENSIBLES DE ÓXIDO DE TITANIO

C. Rosiles-Perez¹, A. Almaraz Martínez ², C. Valentín Olivares² y A.E. Jiménez Gonzalez¹

¹ Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Temixco, Morelos 62580, México. christopherrpiq@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: Se sintetizaron esferas de óxido de titanio con un diámetro de 650 ± 50 nm a partir de un método sol-gel controlado y del agente de estructura Ácido 3-mercaptopropiónico. Estas esferas pudieron ser utilizadas en la degradación fotocatalítica del analgésico acetaminofén en fase acuosa. Las esferas de TiO₂ tienen el potencial de ser aplicadas en remediación de agua, fotocátalisis, celdas solares, y baterías de litio.

Introducción.

El óxido de titanio ha sido desarrollado en el área de investigación de materiales fotosensibles por su capacidad de absorber energía lumínica y generar pares electrón-hueco en su superficie donde dichas cargas eléctricas son capaces de realizar la foto electrólisis del agua, obteniendo hidrógeno y oxígeno como resultado (Fujishima & Honda, 1972). A partir de este descubrimiento se han realizado grandes avances en el área de los óxidos metálicos y materiales fotocatalíticos por lo que han sido utilizados en celdas solares, celdas de combustible, baterías de litio y materiales de biorremediación. (Sang et al., 2014) Los óxidos metálicos poseen las siguientes ventajas: alta estabilidad química y térmica, foto estabilidad, no tóxicos y bajo costo (Sang et al., 2014; Yang & Wang, 2018). Las propiedades del óxido de titanio pueden ser modificadas por el tamaño de las partículas, por ejemplo se ha determinado teóricamente que tamaños de partículas entre 600 a 800 nm son ideales para la reflexión de la luz en el espectro electromagnético entre los 400 a 800 nm, el cual comprende la longitud de la onda visible (Vargas & Niklasson, 2001). Las propiedades ópticas del óxido de titanio dependen del tamaño de partícula que posean, razón por la cual surge la importancia del desarrollo de métodos de síntesis en los cuales es posible obtener tamaños de partícula específicos y con bajas distribuciones de tamaño. Estas características se pueden obtener al tener un control sobre las condiciones de síntesis de los nanomateriales e identificando las variables más importantes en dicha síntesis.

En este trabajo se logró desarrollar un método de síntesis de esferas de óxido de titanio con un tamaño de 650 ± 50 nm. Estas esferas pueden ser usadas en una gran variedad de aplicaciones tales como la remediación de agua mediante procesos fotocatalíticos, celdas solares, y baterías de litio.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La síntesis de las esferas de óxido de titanio se llevó a cabo mediante un procedimiento sol-gel, en el cual se controló la velocidad de reacción por medio de un agente de estructura, el cual disminuye la velocidad de reacción y protege la

superficie de las esferas recién formadas para evitar el fenómeno de agregación de las mismas. En este trabajo se hizo uso de la molécula Ácido 3-mercaptopropiónico, la cual posee un grupo tiol y un grupo ácido carboxílico en su estructura. En otros trabajos de investigación se han usado los agentes de estructura como aminas (D. Chen et al., 2009; X. Chen et al., 2010) y ácidos carboxílicos (Ding et al., 2020). Con el agente de estructura en este trabajo se esperan obtener tamaños entre 500 a 800 nm.

Para la síntesis de esferas lisas se usaron los siguientes reactivos: butóxido de titanio (IV) (TBT) (Sigma Aldrich), ácido 3-mercaptopropionico (MPA), etanol absoluto (Fermont) y agua desionizada (Milli 85-Q). Se investigó la concentración de reactivos y cantidad de agua usada en la reacción. En un procedimiento general de síntesis se disolvieron 0.1 ml de butóxido de titanio (IV) y 0.125 ml de MPA en 14 ml de etanol a 24 °C con agitación a 320 rpm durante 30 minutos. Luego se agregaron rápidamente a la mezcla 1 mL de agua desionizada y se observó un cambio repentino de transparente a blanco lechoso. La mezcla se mantuvo en agitación durante 12 horas. Para obtener esferas lisas de TiO₂, la mezcla se centrifugó y se lavó dos veces con etanol.

La caracterización estructural del material se realizó por medio del equipo de difracción de rayos-X Rigaku DMAX-2200 con $\lambda_0 = 1.5406 \text{ \AA}$. Las muestras de esferas de TiO₂ para análisis de difracción de rayos-X se prepararon por goteo 100 μL de esferas de TiO₂ en etanol en un vidrio Corning. La muestra obtenida fue sometida a un tratamiento térmico a 450 C por 35 minutos y luego fue dejada enfriar para su posterior medición en el equipo.

La morfología y el tamaño de las esferas de TiO₂ se obtuvieron utilizando un microscopio electrónico de barrido de campo de emisión (FE-SEM Hitachi S-5500).

Resultados y Discusión.

Las esferas de óxido de titanio después de la síntesis sol-gel son amorfas y no poseen una estructura cristalográfica como se puede observar en el patrón de difracción de rayos X (Figura 1, patrón de esferas de TiO₂ sin tratamiento térmico). Después de realizar un tratamiento térmico a 450 C por 35 minutos, se observa la aparición de cinco picos en el patrón de difracción en las posiciones $2\theta = 25, 37, 48, 54$ y 64° . Las posiciones e intensidades relativas corresponden al patrón de difracción del TiO₂ con fase anatasa con archivo de referencia PDF-21-1272.

La morfología y tamaño de las esferas de TiO₂ fueron determinadas por las imágenes de microscopía electrónica de barrido. Se realizó el procedimiento descrito en la sección experimental variando la concentración del butóxido de titanio y del ácido 3-mercaptopropionico en 14 mL de etanol y con 1 mL de agua. Las concentraciones investigadas fueron de a) 0.19 M, b) 0.12 M, c) 0.08M y d) 0.02M. De las imágenes en la figura 2 se observa que usando una concentración de 0.19 M no se obtienen esferas sino partículas amorfas con diámetros superiores a 2 micras. A partir de una concentración de 0.12 M se comienzan a observar la formación de esferas, sin embargo, a esta concentración se observa la formación de partículas no esféricas, así como una gran cantidad de aglomeración entre las

esferas. Para una concentración de 0.08 M se observa formación de esferas en la mayor parte de la muestra, con un diámetro aproximado de 800 nm, sin embargo, existen esferas de tamaños menores a los 500 nm, por lo que, si se requiere de una aplicación con esferas mono dispersas, es decir con un tamaño aproximado entre ellas, esta muestra no tendría esa propiedad. Las esferas sintetizadas a una concentración 0.02M son las que tienen un tamaño aproximado más cercano entre todas ellas por lo que poseerán una gran monodispersidad, es a esta concentración que se puede generar un nanomaterial con propiedades específicas de acuerdo al tamaño obtenido. Para estudiar a detalle dicha muestra de esferas, se realizó un análisis del tamaño de las esferas por medio del software de uso libre Jimage, en el cual se usa la escala dentro de la imagen tomada por microscopia como referencia para la medición de los diámetros de las esferas que conforman la imagen. Se realizó la medición en 35 esferas obteniendo un diámetro medio de 650 nm con un rango de más menos 50 nm en el tamaño. Se realizó el histograma de distribución de dicha muestra (Figura 3).

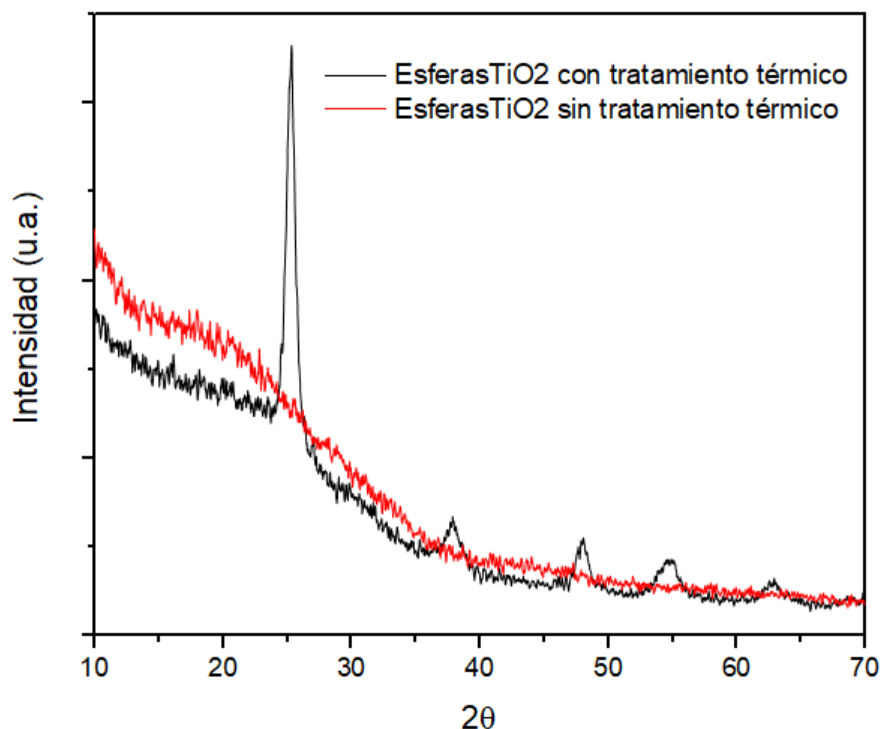


Figura 1.- Patrones de difracción de rayos X de esferas de óxido de titanio sin tratamiento térmico y con tratamiento térmico a 450 C por 30 minutos.

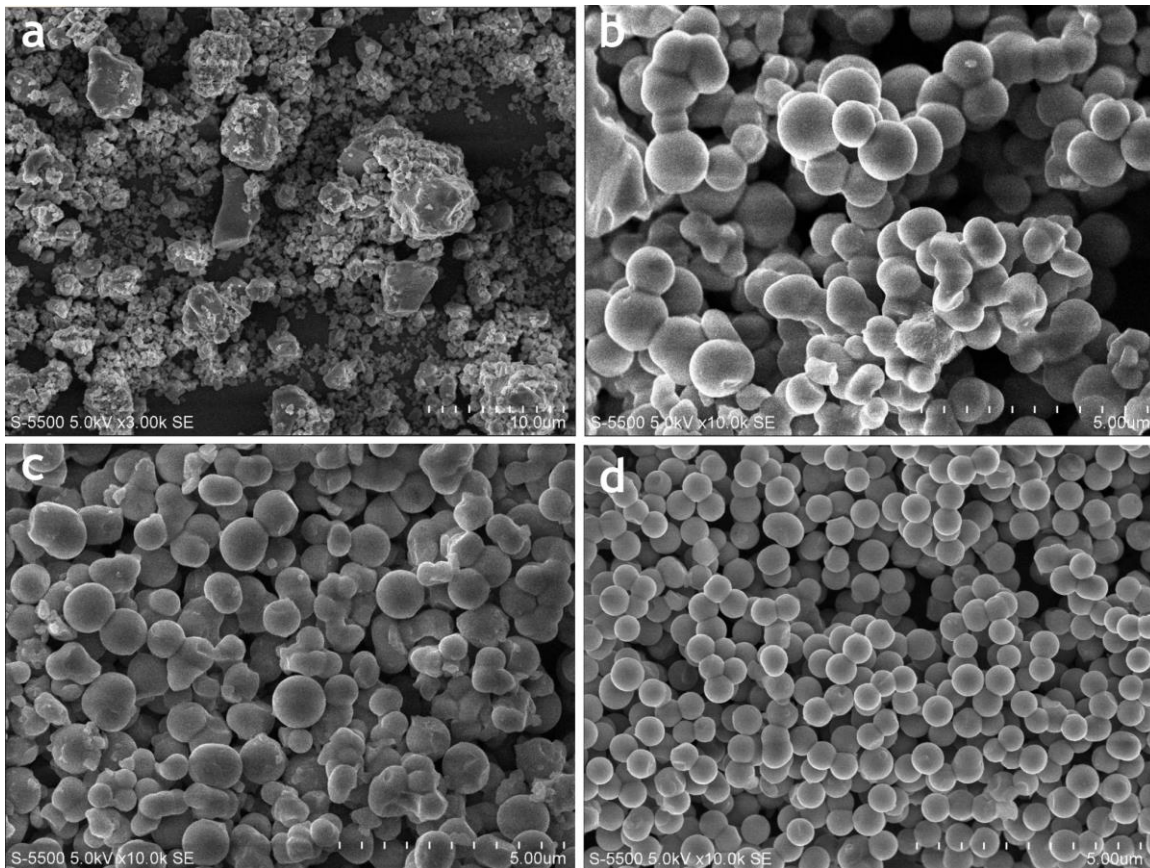


Figura 2. Imágenes de microscopía electrónica de barrido con esferas de TiO₂ sintetizada con las concentraciones molares de a) 0.19 M, b) 0.12 M, c) 0.08M y d) 0.02M.

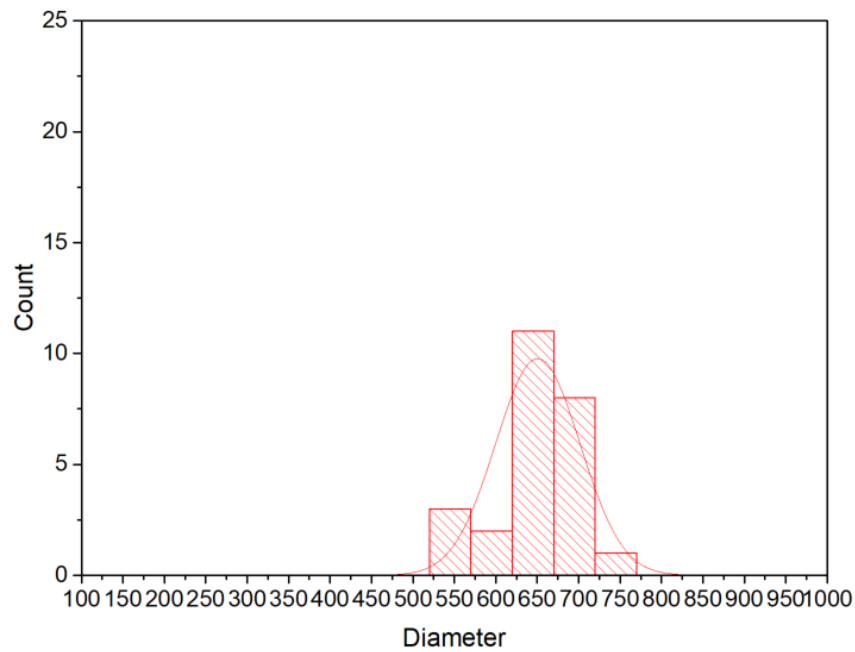


Figura 3. Histograma de distribución de diámetros de 35 esferas tomadas de la figura 1d.

En la figura 4 se muestra la curva de degradación del producto farmacéutico acetaminofén utilizando TiO_2 como material fotocatalítico tratado térmicamente a 200°C en aire y utilizando radiación solar concentrada. Para el proceso de degradación, las condiciones que se emplearon fueron 200 mg/L de TiO_2 puro, 1 mL/L de H_2O_2 , pH de 5. Se utilizó un reactor fotocatalítico integrado con un concentrador solar CPC con una razón de concentración geométrica de 1 sol (aprox. 1 kW/m^2). La curva de degradación presenta un decaimiento exponencial el cual se reproduce de manera teórica mediante un ajuste matemático presentado mediante las líneas punteadas. Durante este experimento se obtuvo un porcentaje de degradación del 91.4% del acetaminofén en fase acuosa. Lo que demuestra la capacidad del TiO_2 para la degradación efectiva del compuesto acetaminofén.

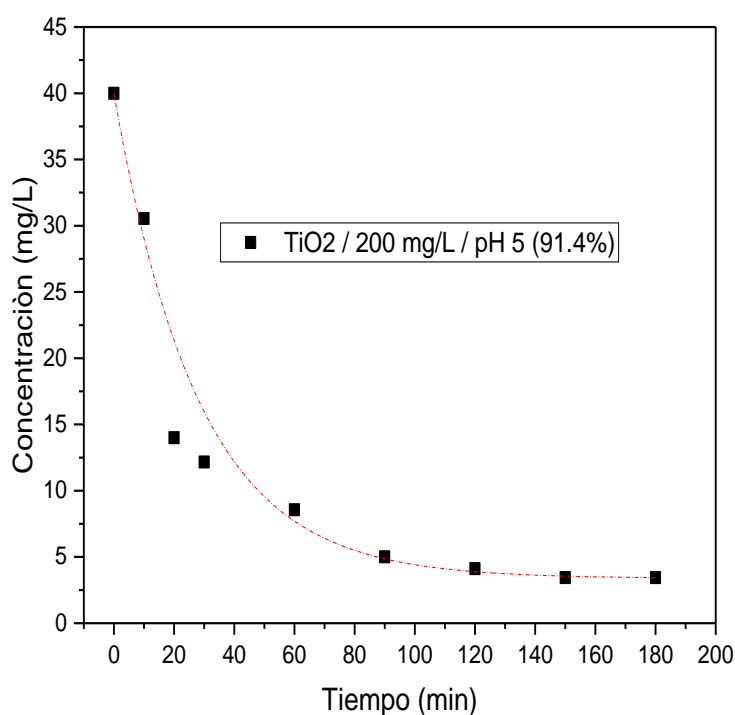


Figura 4. Curva de degradación fotocatalítica del Acetaminofén en fase acuosa utilizando TiO_2 a pH 5

Conclusiones.

En este trabajo se realizó la síntesis de esferas de óxido de titanio con fase anatasa con un tamaño de diámetro de $650 \pm 50\text{ nm}$ por medio de un método controlado sol-gel y el agente de estructura Ácido 3-mercaptopropiónico, el cual no ha sido reportado previamente en la literatura. Estas esferas pudieron ser utilizadas en la degradación fotocatalítica del analgésico acetaminofén en fase acuosa. Asimismo, es factible utilizar el TiO_2 en la fabricación de celdas solares, y baterías de litio debido a que las esferas sintetizadas poseen el mismo rango de tamaños.

Agradecimientos.

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido a través del proyecto de investigación UNAM-DGAPA-PAPIIT IT100821 para la preparación del nanomaterial de TiO₂ y por el financiamiento recibido a través de los proyectos CONACYT 314901, 315840, 321221 y 315801. El C. Rosiles-Perez agradece la beca de posdoctorado otorgada por el CONACYT para la realización de este trabajo como parte de su proyecto de investigación. Los autores también agradecen a Ma. Luisa Ramón-García y a R. Morán-Elvira por su apoyo en las mediciones de difracción de rayos-X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (FE-SEM).

Referencias

- Chen, D., Huang, F., Cheng, Y.-B., & Caruso, R. A. (2009). Mesoporous Anatase TiO₂ Beads with High Surface Areas and Controllable Pore Sizes: A Superior Candidate for High-Performance Dye-Sensitized Solar Cells. *Advanced Materials*, 21(21), 2206–2210. <https://doi.org/10.1002/adma.200802603>
- Chen, X., Shen, S., Guo, L., & Mao, S. S. (2010). Semiconductor-based photocatalytic hydrogen generation. *Chemical Reviews*, 110(11), 6503–6570. <https://doi.org/10.1021/cr1001645>
- Ding, Y., Yang, I. S., Li, Z., Xia, X., Lee, W. I., Dai, S., Bahnemann, D. W., & Pan, J. H. (2020). Nanoporous TiO₂ spheres with tailored textural properties: Controllable synthesis, formation mechanism, and photochemical applications. *Progress in Materials Science*, 109(November 2019), 100620. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2019.100620>
- Fujishima, A., & Honda, K. (1972). Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. *Nature*, 238(5358), 37–38. <https://doi.org/10.1038/238037a0>
- Sang, L., Zhao, Y., & Burda, C. (2014). TiO₂ Nanoparticles as Functional Building Blocks. *Chemical Reviews*, 114(19), 9283–9318. <https://doi.org/10.1021/cr400629p>
- Vargas, W. E., & Niklasson, G. A. (2001). Optical properties of nano-structured dye-sensitized solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 69(2), 147–163. [https://doi.org/10.1016/S0927-0248\(00\)00388-3](https://doi.org/10.1016/S0927-0248(00)00388-3)
- Yang, X., & Wang, D. (2018). Photocatalysis: From Fundamental Principles to Materials and Applications. *ACS Applied Energy Materials*, *acsam.8b01345*. <https://doi.org/10.1021/acsaem.8b01345>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

COMPARACIÓN DE AJUSTE DE UN MODELO CINÉTICO DE HALDANE-LEVESPIEL CON RENDIMIENTOS CONSTANTES Y VARIABLES PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

J. L. Meza-Gutiérrez¹, F. A. Cortes-Cid¹, M. I. Neria- González^{1,2} y J. C. Figueroa-Estrada^{1,2}

¹ Universidad Mexiquense del Bicentenario/ UES Tultitlán, Avenida ex Hacienda los Portales S/N, Col. Villa Esmeralda, 54910 Tultitlán de Mariano Escobedo, Tultitlán, Estado de México - jenifer.20210115@umb.edu.mx, fernando_ciid@hotmail.com, juan.figueroa@umb.mx

² Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Avenida Tecnológico S/N, Col. Valle de Anáhuac, 55210 Ecatepec de Morelos, Estado de México - mineriag@tese.edu.mx, figueroa_estrada@tese.edu.mx

Área de participación: BIOPROCESOS (MC)

Resumen: Para el presente trabajo se utilizaron los datos experimentales reportados previamente por Zentou et al. del 2019. Los cuales describen la producción de etanol por la fermentación en presencia de *Saccharomyces cerevisiae*, utilizando melaza como sustrato a tres concentraciones iniciales diferentes (75, 150 y 225 g/L). Se propuso el modelo cinético de Haldane-Levespiel para ajustar los datos experimentales. Además, el ajuste de los parámetros cinéticos se realizó con tres funciones de rendimientos diferentes: funciones constantes, de segundo grado y tercer grado. Los parámetros cinéticos del modelo y los coeficientes de los rendimientos variables fueron ajustados con el programa ModelMaker 3.0.3, la simulación del modelo con los diferentes rendimientos se realizó en MatLab R2016a. Para comparar los resultados, se obtuvieron los coeficientes de correlación de cada variable a las tres condiciones iniciales diferentes de sustrato y finalmente se obtuvieron los coeficientes de correlación generales por concentración inicial y los coeficientes de correlación globales tomando en cuenta las tres concentraciones iniciales de sustrato con cada función de rendimiento propuesta. Aunque en general todos los resultados de los coeficientes de correlación fueron buenos (mayores a 0.77 por concentración inicial de sustrato). Los mejores resultados se obtuvieron utilizando funciones de rendimiento constantes y de segundo grado. Además de manera global por tipo de función de rendimientos los resultados de los coeficientes de correlación fueron mayores a 0.95. Con esto podemos concluir que fue posible obtener un modelo robusto con la capacidad de reproducir diferentes concentraciones iniciales de sustrato.

Introducción.

El estudio cinético de un bioproceso es importante en la bioingeniería, porque permite predecir el comportamiento de los diferentes tipos de biorreactores bajo diferentes condiciones de operación. Generalmente, se utilizan modelos no estructurados para describir el comportamiento cinético.

En varios países, la investigación está trabajando actualmente en el desarrollo de biocombustibles avanzados, que se producen a partir de biomasa celulósica no alimentaria, como residuos de madera y paja de la agricultura y la silvicultura, plantas de rotación rápida, cultivos no alimentarios (posiblemente cultivados en tierras marginales no cultivables), fracción orgánica de residuos urbanos y materias primas a base de algas. Estos tipos de materia prima requieren un procesamiento avanzado que requiere mucho capital para producir biocombustibles, pero pueden ser más sostenibles, ya que ofrecen reducción emisiones y menos sensibilidad a las fluctuaciones en los costos de la materia prima. La melaza parece ser una materia prima prometedora para la producción de bioetanol con alto rendimiento y bajo

costo. En este sentido, la investigación ha destacado la producción de bioetanol a partir de melaza utilizando *Saccharomyces cerevisiae* (Zentou et al., 2019)

Con el paso del tiempo, la fermentación alcohólica para la obtención de bioetanol ha tenido un gran interés en el sector industrial, y gracias a eso se han desarrollado variedades de modelos cinéticos para así explicar el comportamiento del crecimiento microbiano, el consumo del sustrato y la generación de producto.

La modelización matemática de los procesos de fermentación puede clasificarse en dos categorías principales: modelos estructurados y no estructurados. En los modelos no estructurados, la biomasa se considera un compuesto químico en una solución con una fórmula media. En los modelos estructurados, la biomasa se considera como un número de compuestos bioquímicos, teniendo así en cuenta el cambio en la composición interna del organismo. (Garhyan y Elnashaie, 2004). Normalmente, los modelos no estructurados son también modelos no segregados. Los modelos segregados tratan cada célula como independiente, y una población como una colección de dichas células distintas. Describen diferentes tipos morfológicos de células o el envejecimiento celular y, a veces, describen las interacciones entre las diferentes células. Existen otros modelos denominados “de caja negra” que utilizan una red neuronal artificial para predecir la cinética de la fermentación a partir de los datos iniciales. (Arellano et al., 2007). Los microorganismos presentan comportamientos altamente no lineales y la aplicación de funciones de rendimientos variables son útiles para explicar el comportamiento oscilatorio observado regularmente en los biorreactores (Gómez-Acata et al., 2015).

Para nuestro caso de estudio se propone utilizar el modelo cinético de Haldane-Levespiel. Este modelo tiene capacidad de reproducir condiciones de inhibición por producto, lo cual es típico en las fermentaciones donde se obtiene etanol como producto. Además, se proponen tres funciones diferentes de rendimientos (constante y variables de segundo y tercer grado). Esto con la finalidad de obtener expresiones y parámetros finales robustos a diversas condiciones iniciales de concentración de sustrato.

Fundamento Teórico.

Selección de datos experimentales.

Se utilizaron datos experimentales de un proceso de fermentación por lote de melaza, utilizando *S. cerevisiae* a tres diferentes concentraciones iniciales de sustrato: 75 g/L, 150 g/L y 225 g/L (Zentou et al., 2019).

Descripción de balances de materia de la fermentación alcohólica por lote con S. cerevisiae.

La tabla 1 muestra los balances de materia establecidos para la fermentación por lote con *S. cerevisiae*.

Tabla 1. Balances de materia.

Balance	Ecuación
Biomasa	$\frac{dX}{dt} = \mu X - K_d X$ (1)
Sustrato (Melaza)	$\frac{dS}{dt} = -\mu X / Y_{X/S}$ (2)
Producto (Etanol)	$\frac{dP}{dt} = \mu X / Y_{X/P}$ (3)

Dónde:

μ , Velocidad de crecimiento 1/h

K_d , Velocidad de muerte 1/t

X , Concentración de Biomasa g/L

S , Concentración de Sustrato g/L

P , Concentración de Producto g/L

$Y_{S/x}$, Rendimiento Biomasa-Sustrato gX/gS

$Y_{P/x}$, Rendimiento Biomasa-Producto gX/gP

En este caso μ está representado por el Modelo de Haldane-Levespiel (Arellano et al.,2007):

$$\mu(S, P) = \frac{\mu_m S}{K_s + S + S^2 K_i^{-1}} \left(1 - \left(\frac{P}{K_p} \right)^m \right) \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:

μ_m , Velocidad máxima de crecimiento 1/h

K_s , Contante de afinidad de sustrato g/L

K_i , Constante de afinidad g/L

K_p , Constante de inhibición por producto g/L

K_d , Velocidad de muerte 1/h

m_m , Constante de ajuste

Funciones de rendimientos constantes y variables.

Se propusieron tres modelos cinéticos de inhibición por producto (Arellano et al.,2007).

Donde:

$a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m$ y n , contantes de ajuste de los coeficientes de los rendimientos variables.

Estimación de parámetros cinéticos y validación de los modelos cinéticos.

Los parámetros cinéticos y coeficientes de los rendimientos variables fueron estimados mediante el programa ModelMaker 3.0.3, con el método numérico MARQUARDT, con un equipo de cómputo que cuenta con un procesador Intel Core

i3 y una memoria RAM de 8.00 GB. La simulación de los modelos se realizó con el programa MatLab R2016a mediante el algoritmo ODE45. Los modelos se validaron mediante el cálculo de los coeficientes de correlación (R^2), de los datos simulados vs los datos experimentales.

Tabla 2. Ecuaciones de rendimientos constantes y variables.

Tipo de rendimiento		Ecuación	
Constante	Biomasa-Sustrato gX/gS	$Y_{X/S} = \frac{X_{Final} - X_{Inicial}}{S_{Inicial} - S_{Final}}$	(5)
	Biomasa-Producto gX/gP	$Y_{X/P} = \frac{X_{Final} - X_{Inicial}}{P_{Final} - P_{Inicial}}$	(6)
Segundo grado	Biomasa-Sustrato gX/gS	$Y_{X/S} = aS^2 + bS + c$	(7)
	Biomasa-Producto gX/gP	$Y_{X/P} = dP^2 + eP + f$	(8)
Tercer grado	Biomasa-Sustrato gX/gS	$Y_{X/S} = gS^3 + hS^2 + iS + j$	(9)
	Biomasa-Producto gX/gP	$Y_{X/P} = kP^3 + lP^2 + mP + n$	(10)

Resultados y Discusión.

Estimación de Parámetros Cinéticos.

La Tabla 3 muestra los resultados estimados de los parámetros cinéticos y coeficientes de ajuste de los rendimientos constantes y variables.

Tabla 3. Ecuaciones de rendimientos constantes y variables.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
K_d (1/h)	0.0036	d	0.0002
K_i (g/L)	700	e	-0.0115
K_p (g/L)	500	f	0.7833
K_s (g/L)	20	g	0.000006
m_m	1	h	-0.00009
μ_m (1/h)	0.28	i	0.0007
$Y_{x/s}$ (gX/gS)	0.272	j	0.3528
$Y_{x/p}$ (gX/gP)	0.676	k	-0.00005
A	0.00003	l	0.0044
B	-0.0051	m	-0.0958
C	0.03797	n	1.0135

Validación de Resultados.

Las simulaciones se muestran en las Figuras 1-3 en a), c) y e). Se observa en todos los casos de concentración inicial de sustrato, que el modelo propuesto con los tres

tipos de rendimientos tiene la capacidad de reproducir el comportamiento experimental de las tres variables de estudio.

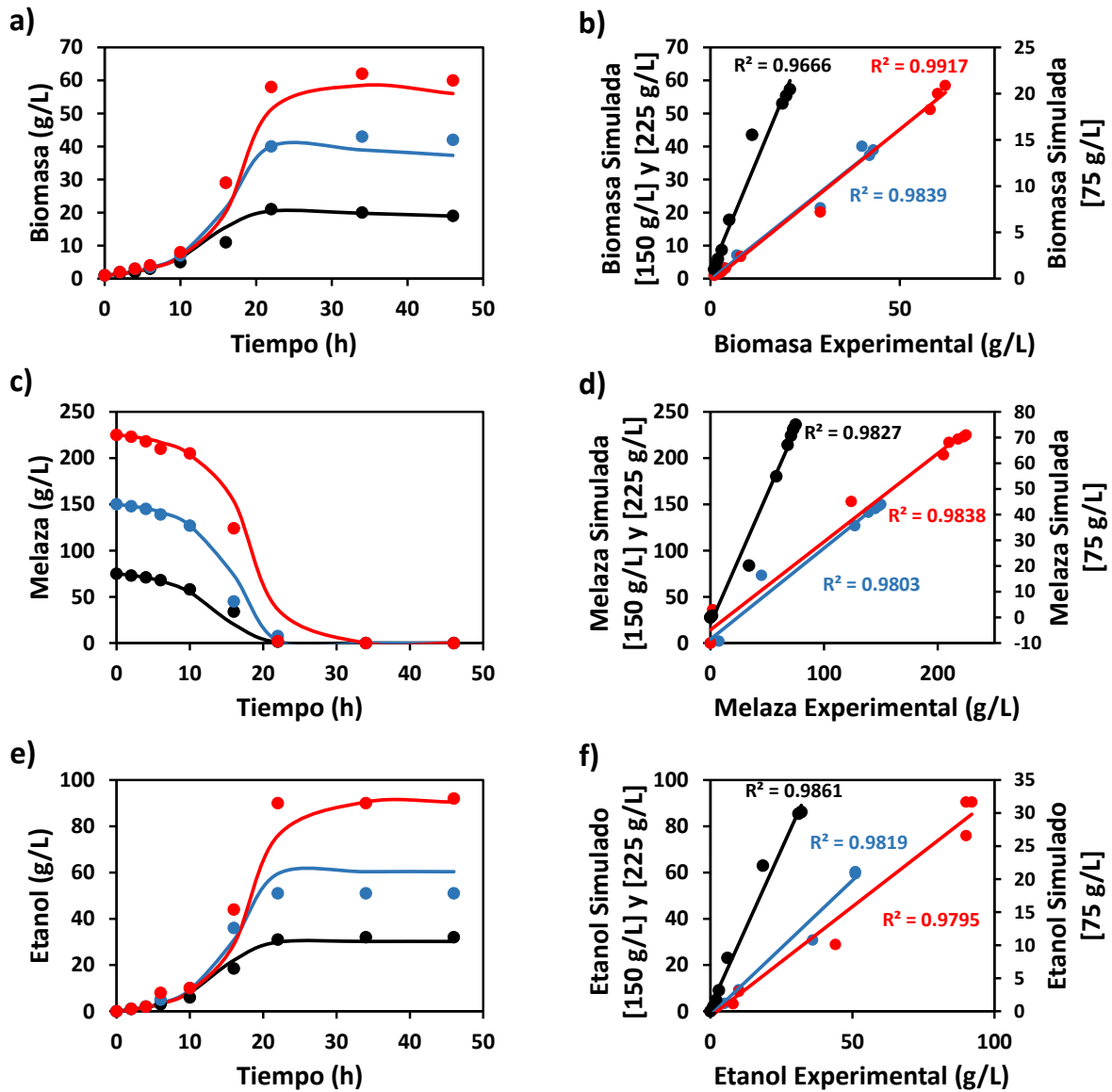


Figura 1.- Resultados de simulación con el modelo de Haldane-Levespiel con rendimientos constantes. a), c) y e); Los puntos corresponden a los resultados experimentales y las líneas continuas corresponden a los resultados simulados; b), d) y f); corresponden a los resultados de la validación mediante la estimación de los coeficientes de correlación. Los colores negro, azul y rojo corresponden a las concentraciones iniciales de 75, 150 y 225 g/L de sustrato inicial respectivamente.

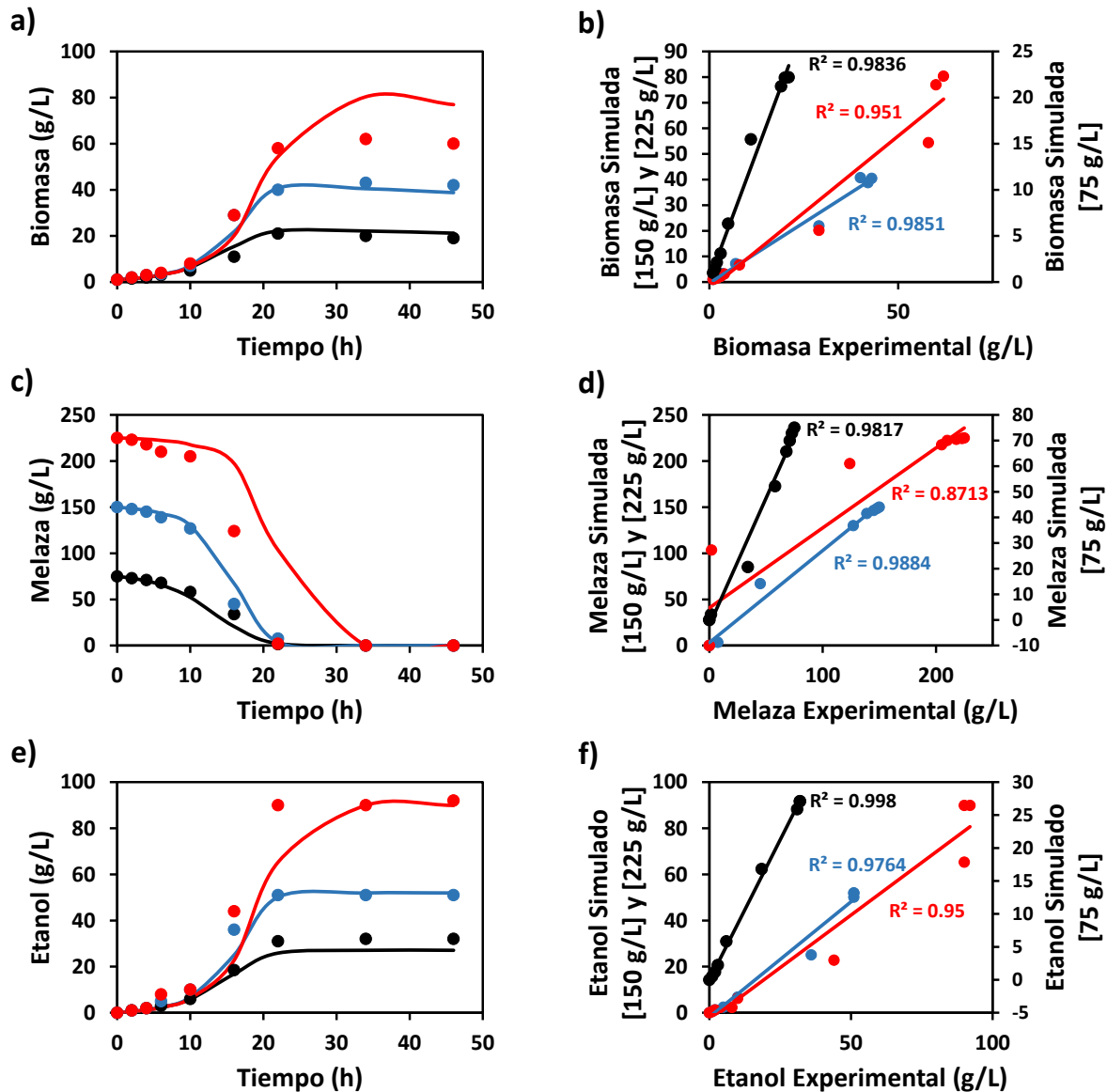


Figura 2.- Resultados de simulación con el modelo de Haldane-Levespiel con rendimientos variables de segundo grado. a), c) y e); Los puntos corresponden a los resultados experimentales y las líneas continuas corresponden a los resultados simulados; b), d) y f); corresponden a los resultados de la validación mediante la estimación de los coeficientes de correlación. Los colores negro, azul y rojo corresponden a las concentraciones iniciales de 75, 150 y 225 g/L de sustrato inicial respectivamente.

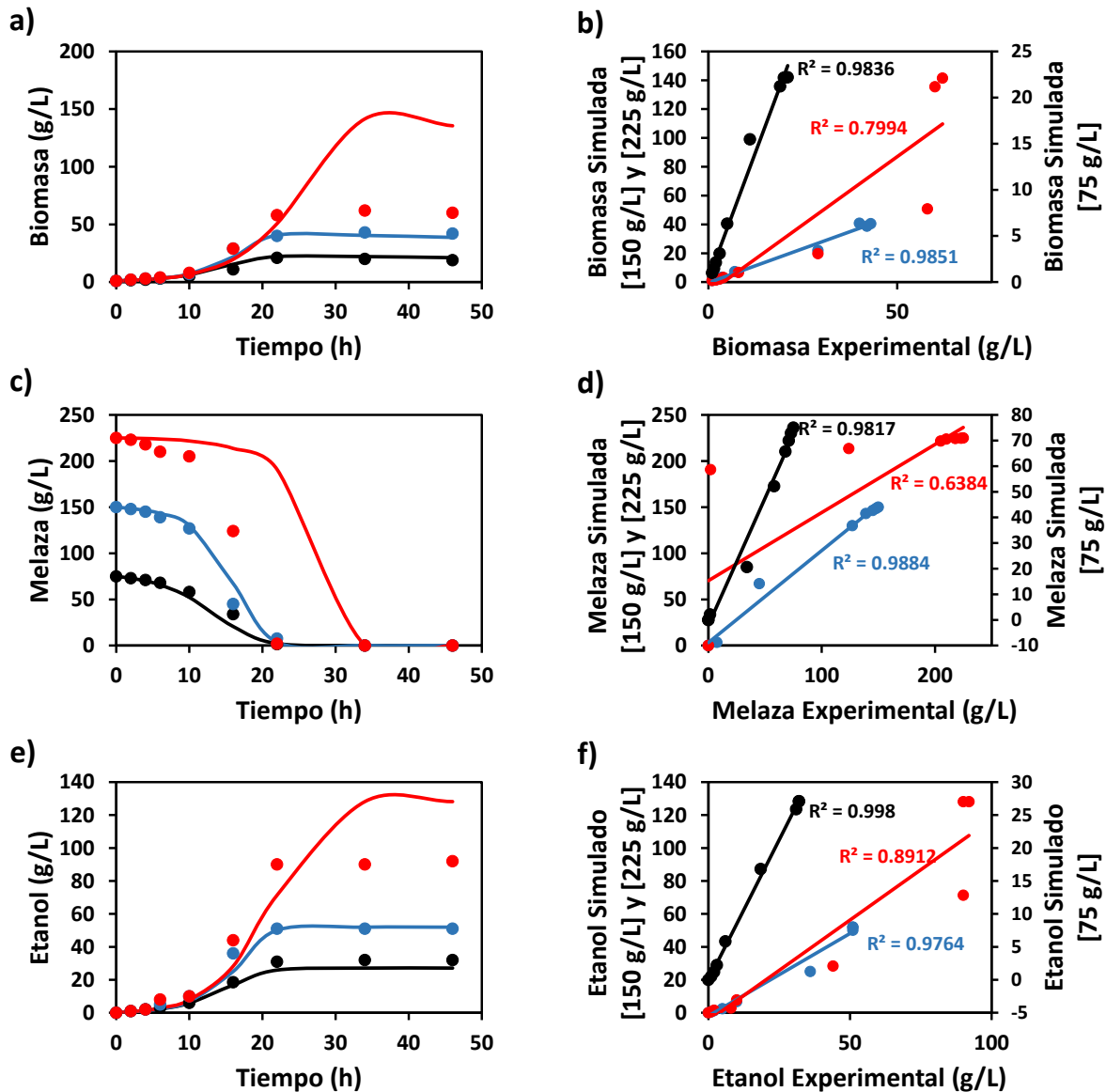


Figura 3.- Resultados de simulación con el modelo de Haldane-Levespiel con rendimientos variables de tercer grado. a), c) y e); Los puntos corresponden a los resultados experimentales y las líneas continuas corresponden a los resultados simulados; b), d) y f); corresponden a los resultados de la validación mediante la estimación de los coeficientes de correlación. Los colores negro, azul y rojo corresponden a las concentraciones iniciales de 75, 150 y 225 g/L de sustrato inicial respectivamente.

En las Figuras 1-3 en b), d) y f); se muestran los resultados de la validación de los datos experimentales y simulados. Además, la tabla 4 concentra y sintetiza los coeficientes de correlación por concentración inicial de sustrato y coeficiente de correlación global por tipo de ecuación de rendimiento. Se observa que los mejores resultados se obtuvieron para los rendimientos constantes y variables de segundo grado. Para los cuales se obtienen coeficientes de correlación globales de 0.982 y 0.975 respectivamente. Con lo cual se puede asegurar que se obtuvieron modelos finales robustos a condiciones iniciales de concentración de sustrato. Además, la

propuesta de este trabajo puede permitir que los modelos se adapten a diferentes condiciones de operación como puede ser de forma continua. Ya que las funciones de rendimientos variables podrían tener la capacidad simular de mejor manera dichas condiciones.

Tabla 4. Resultados de los coeficientes de correlación de cada tipo de rendimiento.

	Constantes			Segundo Grado			Tercer Grado		
	75	150	225	75	150	225	75	150	225
Melaza Inicial (g/L)									
R² Biomasa	0.967	0.984	0.992	0.984	0.985	0.951	0.984	0.985	0.799
R² Melaza	0.983	0.980	0.984	0.982	0.988	0.871	0.982	0.988	0.638
R² Etanol	0.986	0.982	0.979	0.998	0.976	0.950	0.998	0.976	0.891
R² por concentración	0.979	0.982	0.985	0.988	0.983	0.924	0.988	0.983	0.776
R² Global	0.982			0.975			0.955		

Conclusiones.

Fue posible obtener modelos cinéticos robustos al sistema experimental de estudio. Lo rendimientos variables de estos modelos pueden ser una buena opción a futuro para predecir el comportamiento y mejorar la producción de bioetanol bajo otras condiciones de operación.

Agradecimientos.

A la UMB Tultitlán y al Tecnológico de estudios Superiores de Ecatepec por facilitar las condiciones para realizar el presente trabajo.

Referencias.

- Arellano-Plaza, Melchor & Herrera-López, Enrique J. & Díaz-Montaño, DM & Moran, A. & Ramírez-Córdova, JJ. (2007). Unstructured Kinetic Model for Tequila Batch *Fermentation*. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*. 1. 1-6.
- Gómez-Acata R. V., Lara-Cisneros, G., Femat, R., & Aguilar-López R. (2015). On the dynamic behaviour of a class of bioreactor with non-conventional yield coefficient form. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 14(1), 149–165.
- Garhyan, P., & Elnashaie, S. S. E. H. (2004). Utilization of mathematical models to investigate the ifurcation and chaotic behavior of ethanol fermentors. *Mathematical and Computer Modelling*, 39(4-5), 381–427.
- Zentou, H., Zainal Abidin, Z., Yunus, R., Awang Biak, D., Zouanti, M., & Hassani, A. (2019). Modelling of molasses fermentation for bioethanol production: A comparative investigation of Monod and andrews models accuracy assessment. *Biomolecules*, 9(8), 308.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

MODELADO CINÉTICO, SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARÁMETRICA PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO UTILIZANDO *THERMATOGA NEAPOLITANA*

F. A. Cortes-Cid¹, J. L. Meza-Gutiérrez¹ y J. C. Figueroa-Estrada^{1,2}

¹ Universidad Mexiquense del Bicentenario/ UES Tultitlán, Avenida ex Hacienda los Portales S/N, Col. Villa Esmeralda, 54910 Tultitlán de Mariano Escobedo, Tultitlán, Estado de México-
jenifer.20210115@umb.edu.mx, fernando.cortes@umb.edu.mx, juan.figueroa@umb.mx

²Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec - figueroa_estrada@tese.edu.mx

Área de participación: BIOPROCESOS (MC)

Resumen: La producción de energías limpias ha sido un tema de suma relevancia en los últimos años, debido al incremento de la contaminación a nivel mundial por hidrocarburos. La producción de hidrogeno como combustible ha estado en la mira por varias décadas, sin embargo, los métodos de producción llegan a ser elevados económicamente y no tienen el suficiente rendimiento para ser implementados. La fermentación oscura (DF) se vislumbra como un método de producción de hidrogeno eficiente, ya que es un proceso biológico utilizando bacterias como *Thermotoga neapolitana*. Por otra parte, se necesita el mayor entendimiento posible de su producción, es por ello que la simulación mediante modelos cinéticos resulta ser de gran relevancia. En esta investigación se utilizó el modelo de Monod, así como el modelo de Mosser-Boulton, con el propósito de representar un ajuste respecto a los datos experimentales de dicha producción de hidrogeno en operación por lote. Además, se implementaron distintos métodos de análisis y optimización, como el algoritmo Simplex, algoritmos genéticos y sensibilidad paramétrica. Los resultados mostraron que el modelo Mosser-Boulton logra tener el mejor ajuste a los datos experimentales con un coeficiente de correlación global de 0.9860, por lo que podría utilizarse para la predicción de la producción de hidrógeno.

Introducción

El hidrógeno (H₂) es una de las fuentes de energía más limpia en el mundo. Es actualmente producido a partir de fuentes fósiles, así como también de gases naturales e hidrocarburos, aunque a su vez se puede obtener del agua y sustratos orgánicos a través de la implementación de procesos electrolíticos, fotolíticos y biológicos. La fermentación oscura (DF – Dark Fermentation) es una técnica utilizada para la producción biológica de H₂, la cual ha sido reconocida como una técnica asequible y amigable con el medio ambiente (Camacho et al., 2022).

La implementación de la fermentación oscura para la producción de H₂ ha demostrado tener altos valores de producción, utilizando requerimientos tecnológicos simples, además de que la implementación de DF permite el uso de una amplia variedad de sustratos orgánicos, en los cuales se pueden incluir desechos agroindustriales y poder operar a distintas condiciones tales como pH y temperatura (Kamran, 2021).

Por otra parte, la utilización de las bacterias hipertermofílicas en fermentadores ha demostrado tener una amplia variedad de ventajas significativas, como la reducción del tiempo de fermentación, la reducción de niveles de posibles contaminaciones en el medio y a su vez lograr la producción de una serie de subproductos limpios como

H₂, CO₂, ácido acético, ácido láctico y alanina (Liczbinski y Borowski, 2021). Una amplia variedad de investigaciones ha demostrado que cultivos puros de este tipo pueden lograr cantidades considerables de hidrógeno, en comparación a la utilización de cultivos empleando diferentes microorganismos.

En la última década, las especies *Thermotogales* han demostrado tener principal relevancia para la producción de H₂, reportando obtener 4 mol de H₂ / mol de glucosa, lo cual puede significar el valor teórico para su producción mediante DF (Antonopoulou, 2011). La especie *Thermotoga neapolitana* es una bacteria marina hipertermofílica que ha sido utilizada ampliamente en procesos de fermentación oscura, obteniendo cerca de 3.6 mol de H₂ / mol de glucosa consumida (Elsharnouby, 2013). Esta bacteria, en conjunto con la fermentación oscura representan un avance tecnológico, ya que se ha considerado un proceso relativamente nuevo, por lo que no existe aún suficiente información al respecto.

En la Ilustración 1 se aprecia de forma breve la ruta metabólica que emplea la glucosa para la producción del metabolito secundario de interés el cual es el hidrogeno (Pradhan et al., 2016).

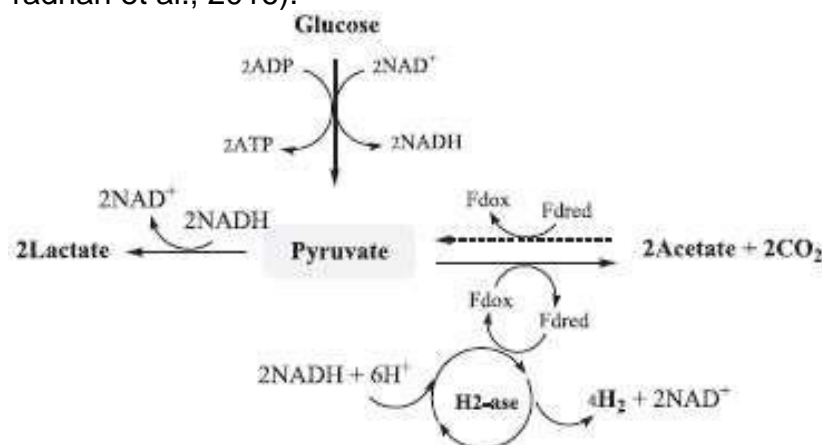


Ilustración 1. Ruta metabólica para la producción de hidrogeno utilizando fermentación oscura (Pradhan et al., 2016)

En esta investigación se utilizó el modelo de Monod para representar el comportamiento de la producción de hidrógeno en operación en lote, así como la utilización del modelo de Mosser.Boulton, mediante la fermentación oscura empleando una bacteria hipertermofílica, *Thermotoga neapolitana*. Asimismo, se emplearon distintas herramientas analíticas como Model Maker 3 para la evaluación, la herramienta de algoritmos genéticos de MATLAB y un análisis de sensibilidad paramétrica.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

En el año 2016, Pradhan y colaboradores realizaron una investigación en la cual implementaron la fermentación oscura para la producción de hidrógeno. Por lo cual en esta investigación se partió de los resultados del trabajo de dichos autores, para

mejorar la propuesta de modelado y obtener una aproximación más cercana a los resultados experimentales mediante la simulación.

La Ilustración 2 muestra de forma gráfica los resultados obtenidos por los autores antes mencionados. La fermentación llevada a cabo duró 50 horas, donde se tomaron distintas muestras en diferentes intervalos de tiempo. Las condiciones iniciales de biomasa y sustrato (glucosa) fueron de 0.1 g/L y 5 g/L, respectivamente.

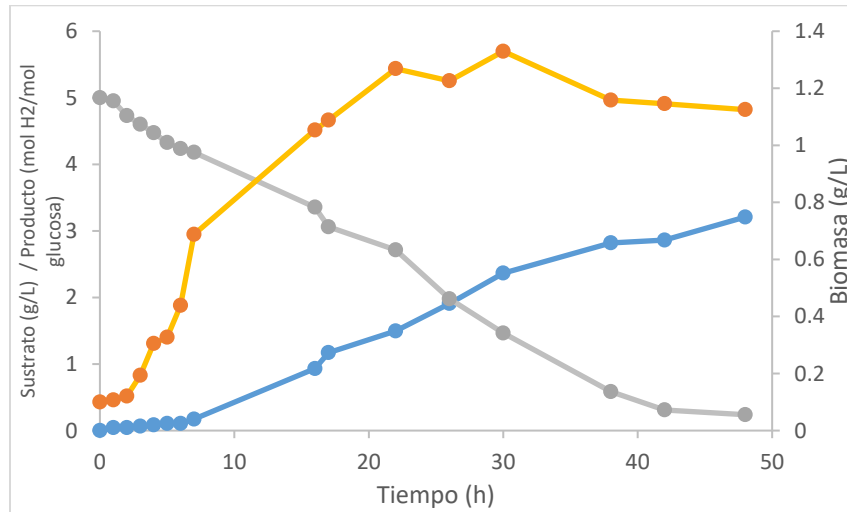


Ilustración 2. Datos experimentales obtenidos de la fermentación oscura con *Thermotoga neapolitana*. La línea naranja representa la biomasa (eje secundario), la línea gris representa el sustrato (eje izquierdo) y la línea azul representa el producto (eje izquierdo)

Balances de materia

En la Tabla 1 se muestran las ecuaciones diferenciales que describen el proceso de fermentación oscura para la producción de hidrógeno en lote y continuo.

Tabla 1. Balances de materia para biomasa, sustrato y producto en operación en lote

Variable	Lote
Biomasa	$\frac{dX}{dt} = \mu X - K_d X$
Sustrato	$\frac{dS}{dt} = -\mu X Y_{sx}$
Producto	$\frac{dP}{dt} = \mu X Y_{px}$

Donde X es la concentración de biomasa, μ es el modelo cinético a utilizar, K_d es la tasa de muerte, S es la concentración de sustrato, P es la concentración de producto, Y_{sx} es el rendimiento existente entre sustrato y biomasa y Y_{px} es el rendimiento entre producto y biomasa.

Modelos cinéticos

Los modelos cinéticos utilizados para la simulación del proceso de producción de hidrógeno se muestran en la Tabla 2. En términos de simplicidad se optó por la selección del modelo de Monod. Por otra parte, el modelo de Mosser-Boulton ha tenido resultados favorables en procesos de fermentación y obtención de metabolitos secundarios.

Tabla 2. Modelos cinéticos de crecimiento celular para la producción de hidrógeno (Pradhan et al., 2016 y Arellano-Plaza et al., 2007).

Modelos cinéticos de crecimiento celular	
Monod	$\mu = \frac{\mu_{max}S}{K_s + S}$
Mosser y Boulton	$\mu = \left(\frac{\mu_{max}S}{K_s + S}\right) * \left(\frac{K_p}{K_p + P}\right)$

Donde μ_{max} es la tasa máxima específica de crecimiento, K_s y K_p son constantes de afinidad, S es la concentración de sustrato y P es la concentración de producto.

Resultados y Discusión

Se realizó la estructuración de un diagrama de balances de materia con el propósito de mostrar la influencia que existe entre ellos (Ilustración 3).

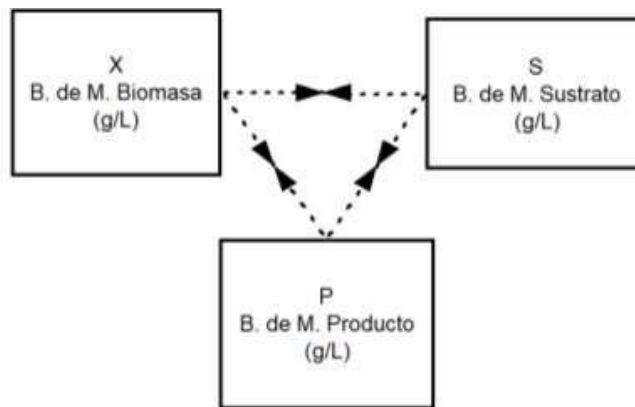


Ilustración 3. Diagrama de balances de materia y su influencia interna

Estimación de Parámetros Cinéticos (Simplex) - Monod

El primer acercamiento a la obtención de parámetros cinéticos se realizó mediante el ingreso de los datos experimentales y parámetros cinéticos aproximados del proceso al programa Model Maker 3. Posteriormente, se utilizó la función de optimización del programa, empleando el algoritmo Simplex. Los parámetros encontrados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros cinéticos obtenidos en operación en lote con el modelo de Monod

Parámetros	Valor
μ_{\max} = tasa máxima de crecimiento, 1/h	0.050
K_d = tasa de muerte, 1/h	0.052
K_s = constante de inhibición, g/L	21.231
Y_{sx} = coeficiente de rendimiento, gS/gX	1.569

Estimación de Parámetros Cinéticos (Algoritmos genéticos) - Monod

La obtención de los parámetros cinéticos se estimó mediante el programa MATLAB R2019a, mediante la herramienta de optimización de algoritmos genéticos. Para llevarlo a cabo, se ingresaron los balances de materia presentados anteriormente, definiendo las variables a las cuales se dará solución (parámetros cinéticos) mediante esta herramienta analítica. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4. Parámetros cinéticos obtenidos en operación en lote

Parámetros	Valor
μ_{\max} = tasa máxima de crecimiento, 1/h	0.3727
K_d = tasa de muerte, 1/h	0.0499
K_s = constante de inhibición, g/L	5.7480
Y_{sx} = coeficiente de rendimiento, gS/gX	1.7592

Estimación de Parámetros Cinéticos (Simplex) – Mosser-Boulton

El modelo fue evaluado a través de Model Maker 3, ingresando los datos experimentales y los parámetros cinéticos aproximados. Posteriormente, mediante la función de optimización se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros cinéticos obtenidos en operación en lote

Parámetros cinéticos	Valor
μ_{\max} = tasa máxima de crecimiento, 1/h	0.3663
K_d = tasa de muerte, 1/h	0.0586
K_p = constante de inhibición, g/L	0.4699
K_s = constante de inhibición, g/L	0.0383
Y_{sx} = coeficiente de rendimiento, gS/gX	1.3145
Y_{px} = coeficiente de rendimiento, gP/gX	0.8398

Mosser-Boulton – Sensibilidad paramétrica

Por otra parte, se realizó un análisis matemático para analizar el nivel de influencia que existe entre cada una de las variables respecto a los parámetros cinéticos y bajo las mismas variables. Mediante el programa analítico MATLAB se lograron obtener los siguientes gráficos que representan la sensibilidad existente de cada parámetro respecto a la biomasa, sustrato y producto.

La Ilustración 4 demuestra que, para la biomasa, la tasa de muerte (K_d) y la tasa máxima de crecimiento (μ_{max}) son parámetros que influyen fuertemente al modelo matemático.

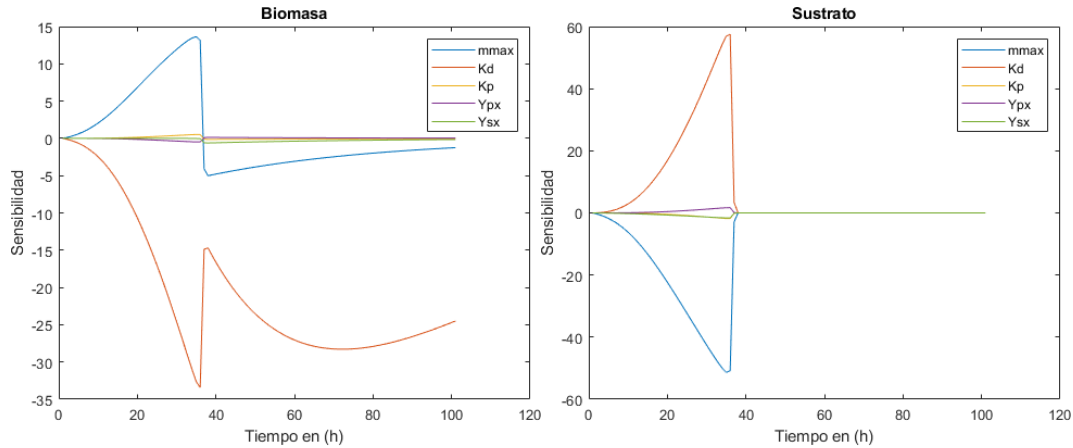


Ilustración 4. Sensibilidad de los parámetros cinéticos respecto a la biomasa y el sustrato.

Mientras que, en el caso del sustrato (Ilustración 4), el análisis realizado demuestra que los parámetros de la tasa de muerte (K_d) y la tasa máxima de crecimiento (μ_{max}) influyen fuertemente, además, aproximadamente a la hora 20, la constante de producto (K_p) y el rendimiento sustrato-biomasa (Y_{sx}) comienzan a tomar influencia, pero es despreciable.

Por otra parte, el análisis de sensibilidad respecto al producto (Ilustración 5), demuestra que la tasa máxima de crecimiento (μ_{max}) y la tasa de muerte (K_d) impactan de manera considerable la producción. Los demás parámetros son despreciables.

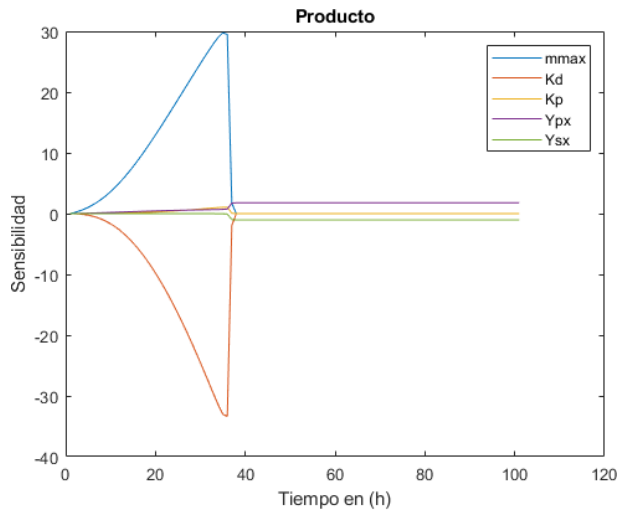


Ilustración 5. Sensibilidad de los parámetros cinéticos respecto al producto.

Validación y comparación de ajustes

La validación de cada uno de los casos fue realizada. La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos con el propósito de comparar modelos y métodos, además de mostrar los resultados obtenidos por Pradhan y colaboradores. Los resultados de esta comparación comprueban que el modelo que mejor se ajusta al comportamiento experimental para la producción de hidrógeno mediante la fermentación oscura de *Thermatoga neapolitana*, empleando CO₂ y glucosa como sustrato, es el de Mosser-Boulton, con un coeficiente de correlación global de 0.9859.

Tabla 7. Coeficientes de correlación entre los datos simulados y datos experimentales de los modelos utilizados

Modelo	Monod		Mosser-Boulton	Artículo Monod
Método	Simplex	AG	Simplex	MATLAB
R ²	X	0.8967	0.8667	0.9019
	S	0.9866	0.9863	0.8653
	P	0.9947	0.9933	0.9212
R ² global	0.9593	0.9487	0.9859	0.8961

Conclusiones

El modelado de la producción de hidrógeno mediante fermentación oscura y la utilización de la bacteria marina hipertermofílica *Thermatoga neapolitana* se analizó en modo de operación lote con los modelos de Monod y Mosser-Boulton, obteniendo coeficientes de correlación globales de 0.9487 y 0.9859, respectivamente. Siendo este último el modelo que presentó un mejor ajuste para describir el proceso de producción de hidrógeno.

Agradecimientos

Extendemos nuestra gratitud a la Universidad Mexiquense del Bicentenario, L.D. Alma Angélica Torres Contreras, D. en C. Laura Itzel Quintas Granados y a M. en C. Mariana Pérez por el apoyo administrativo brindado.

Referencias

- Antonopoulou, G., Ntaikou, I., Stamatelatou, K., & Lyberatos, G. (2011). Biological and fermentative production of hydrogen. *Handbook of Biofuels Production*, 305–346. <https://doi.org/10.1533/9780857090492.2.305>
- Arellano-Plaza, Melchor & Herrera-López, Enrique J. & Díaz-Montaño, DM & Moran, A. & Ramírez-Córdova, JJ. (2007). Unstructured Kinetic Model for Tequila Batch *Fermentation*. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*. 1. 1-6.
- Camacho, C. I., Estévez, S., Conde, J. J., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2022). Dark fermentation as an environmentally sustainable win-win solution for Bioenergy Production. *Journal of Cleaner Production*, 374, 134026. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134026>

- Elsharnouby, O., Hafez, H., Nakhla, G., & El Naggat, M. H. (2013). A critical literature review on biohydrogen production by pure cultures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(12), 4945–4966. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.02.032>
- Kamran, M. F. and M. (2021). Chapter 8 – Bioenergy. In *Renewable Energy Conversion Systems* (pp. 243–264). essay, Academic Press.
- Liczbiński, P., & Borowski, S. (2021). Effect of hyperthermophilic pretreatment on methane and hydrogen production from garden waste under mesophilic and thermophilic conditions. *Bioresource Technology*, 335, 125264. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125264>
- Pradhan, N., Dipasquale, L., d'Ippolito, G., Fontana, A., Panico, A., Lens, P. N. L., Pirozzi, F., & Esposito, G. (2016). Kinetic modeling of fermentative hydrogen production by *Thermotoga Neapolitana*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(9), 4931–4940. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.01.107>

Autorización y renuncia

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULAS DE ALMIDÓN/ÁCIDO ASCÓRBICO ENCAPSULADO

B. J. Vergara-Salgado¹, H. M. Palma-Rodríguez², R. Salgado-Delgado¹, A. Olarte-Paredes¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- mg12090358@itzacatepec.tecnm.mx, rene.sd@itzacatepec.tecnm.mx, alfredo.op@itzacatepec.tecnm.mx

²ICAP- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, dirección – heidi_palma9528@uahe.edu.mx

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: Se elaboraron y caracterizaron películas a base de almidón de chayotextle nativo, en conjunto con Vitamina C encapsulada y sin encapsular, esto con la finalidad de cuantificar la vida útil de nuestro compuesto activo (Vitamina C). Las películas elaboradas fueron caracterizadas por sus propiedades mecánicas y por microscopía electrónica de barrido, además de su cuantificación de Vitamina C. La finalidad de este proyecto es que el compuesto activo microencapsulado pueda brindar características benéficas para que la película sea utilizada como recubrimiento de alimentos. Se demostró que el encapsulamiento aumenta la vida útil de la vitamina C y las propiedades mecánicas evidencian que la vitamina C aporta flexibilidad a las biopelículas.

Introducción.

En estudios recientes se menciona la importancia de dar lugar a opciones en beneficio del ambiente, esto aunado al decremento en el mercado de materiales plásticos, los cuales presentan propiedades de hidrofobicidad, peso ligero, deterioro biológico y estabilidad química.

Es por esto que en la actualidad, el área de investigación se ha centrado en el desarrollo de plásticos biodegradables, los cuales estarán dando lugar a nuevas opciones para solucionar los problemas ambientales, estos materiales tendrán propiedades amigables con el ambiente ya que serán susceptibles de degradarse y serán producidos a partir de materiales renovables, además de que serán comestibles, esto será por su formulación con compuestos naturales, por lo tanto también contribuirán en la disminución de contaminantes.

Los polisacáridos y las proteínas han sido biopolímeros de gran interés en la producción de películas comestibles. Dentro de los polisacáridos está el almidón el cual ha sido utilizado como aditivo para polímeros sintéticos.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Aislamiento del almidón de arroz

El aislamiento del almidón de arroz fue siguiendo la metodología propuesta por Patindol et al. (2007) con algunas modificaciones. El arroz se mezcló con NaOH (1%) por 8 h manteniendo una relación 1:4. Después, se procedió a moler en una licuadora por 4 min, la mezcla se tamizó usando mallas No. 40 y No. 100 y en cada tamizado se lavó con NaOH (0.1%). Se hizo un ajuste de pH a 6.5 empleando HCl al 0.2 M posteriormente la solución se tamizó con mallas del No. 200 y No. 325, una

vez tamizado se lavó con 40 mL de agua destilada en tres ocasiones. La mezcla se dejó secar en un horno de convección a 40 °C por 24 h.

Aislamiento del almidón de Chayotextle

El almidón de Chayotextle ha sido aislado de acuerdo con la metodología propuesta por Flores-Gorosquera *et al.*, (2004). El tubérculo fue cortado en cubos de 2 cm³, después se trituro a baja velocidad por dos minutos usando una licuadora, una vez que la muestra fue homogénea se tamizó y se lavó en mallas de número 50, 100, 200, 270 y 325 US hasta que el agua de lavado estuvo limpia. El material fue secado en un horno de convección a 35 °C durante toda la noche.

Obtención de microcápsulas de vitamina C mediante el método de secado por aspersión

Para la obtención de microcápsulas de vitamina C, se preparó la solución del material realizando una dispersión del almidón de arroz nativo en agua destilada (15% p/p), bajo agitación constante durante 10 min. La Vitamina C (10% p/p con respecto al peso del almidón) se disolvió en la solución del almidón e inmediatamente la solución fue alimentada al secador BUCHI, Mini Spray Dryer B290. Las condiciones de secado fueron las siguientes: temperatura de entrada de 160°C y temperatura de salida de 99 °C, a una velocidad de alimentación de 7 mL/min.

Solución filmogénica

Las soluciones previas para preparar las películas fueron realizadas usando el 1) chayotextle, 2) chayotextle con microcápsulas de VC y 3) chayotextle con VC, con un volumen de 170mL, ver detalles en tabla 1.

Tabla 1. Matriz de trabajo

TRATAMIENTO	ALMIDÓN (g)	GLICEROL (g)	MICROCÁPSULAS (mg)	ÁCIDO ASCÓRBICO (mg)
1	4	2	-	-
2	4	2.5	500	-
3	4	2.5	-	500

Elaboración de películas de almidón de chayotextle

Se prepararon películas con la solución filmogénica, cada solución se colocó en un mini reactor Lightnin Lab Master SPX-Mixer con capacidad de 300 mL y se agitó a 200 rpm. Las dispersiones se calentaron a 90°C durante 10 min. Inmediatamente después, se vació la solución en tubos para posteriormente ser centrifugada por 3 min, se prepararon suspensiones de almidón en un recipiente de vidrio y se secaron en un horno a 35°C durante 24 h. Después del secado, los materiales compuestos se retiraron del recipiente de vidrio y se almacenaron en una bolsa de plástico sellada a 25°C.

Elaboración de películas de almidón de Chayotextle con Vitamina C

Las películas fueron preparadas con una concentración del 4% de almidón de chayotextle, 2.0% de glicerol y 170 mL de agua. La solución fue colocada en un mini reactor Lightnin Lab Master SPX-Mixer con capacidad de 300 mL y se agitó a 125 rpm. Se calentaron las dispersiones a 90°C durante 10 min. Después de la gelatinización del almidón a 90°C, se enfrió a 45°C y se añadió la Vitamina C (12.5%) a la solución. Se agitó la dispersión durante 10 min a 125 rpm. Después, se prepararon suspensiones de almidón en un recipiente de vidrio y se secaron en un horno a 35°C durante 14 h. Pasando este tiempo, los materiales compuestos se retiraron del recipiente de vidrio y se almacenaron en una bolsa de plástico sellada a 25°C.

Elaboración de películas de almidón de Chayotextle con almidón de arroz y encapsulado de Vitamina C

Se elaboraron las películas de almidón de Chayotextle con almidón de arroz y encapsulado de Vitamina C siguiendo la metodología propuesta anteriormente, a diferencia de que se añadió el encapsulado de Vitamina C en la solución.

Caracterización de las películas

Cuantificación de vitamina C

La cuantificación de Vitamina C se realizó siguiendo la metodología de Dürüst et al. (1997), la cual se utilizó para analizar el contenido de Vitamina C en la superficie de las microcápsulas. Antes de la cuantificación se realizó la extracción de la Vitamina C, en la cual se pesaron 200 mg de la película con encapsulado de Vitamina C y se suspendieron en 100 mL de ácido oxálico al 0.4% con agitación a 25 °C por 30 min. Pasando este tiempo, fue tomada un 1 mL de la solución para posteriormente ser analizada. El contenido de Vitamina C liberado de las microcápsulas se cuantifica por espectrofotometría UV a 520 nm. Para esto fue realizada una curva de calibración con Vitamina C (5, 10, 20, 30, 40 y 50 ppm).

Análisis morfológico de almidones y películas de almidón

Las propiedades morfológicas de las películas con encapsulado de Vitamina C fueron realizadas utilizando microscopía electrónica de barrido (Analytical Scanning Electron Microscope JEOL JSM-6010LA).

Evaluación mecánica de las películas obtenidas

Las películas serán cortadas como probeta de 8 cm de largo y 1 cm de ancho. Las probetas se mantendrán durante 48 h en un desecador que contiene una solución de NaBr saturada (57% de humedad relativa). La prueba será realizada con una velocidad de deformación de 10 mm/min, con 10 repeticiones por tratamiento. El espesor de las películas se evaluó con un micrómetro manual en 4 posiciones aleatorias de la película. Se utiliza el valor promedio del espesor para calcular el área de la sección transversal de las películas.

Colorimetría a las películas de almidón

La determinación de color del fruto fue realizada con un colorímetro (Minolta, CR300) previamente calibrado. Se usó la escala CIE para obtener los valores de L, C y h.

Resultados y Discusión.

Microencapsulación de almidón de arroz con vitamina C

Se obtuvieron 9 g de Ácido ascórbico con encapsulado de Vitamina C, en los cuales se usaron las siguientes condiciones de secado: temperatura de entrada y salida de 160 y 99 °C, respectivamente, y una velocidad de alimentación de 7 mL/min.

Análisis morfológico de almidón de arroz (encapsulado y sin encapsular)

En el ácido ascórbico con encapsulado de Vitamina C se evaluó la forma y apariencia de la superficie, así como la integridad de las microcápsulas y cualquier evidencia de daño o ruptura. Las micrografías de ácido ascórbico y encapsulado de vitamina C presentan una aglomeración que forman agregados esféricos.

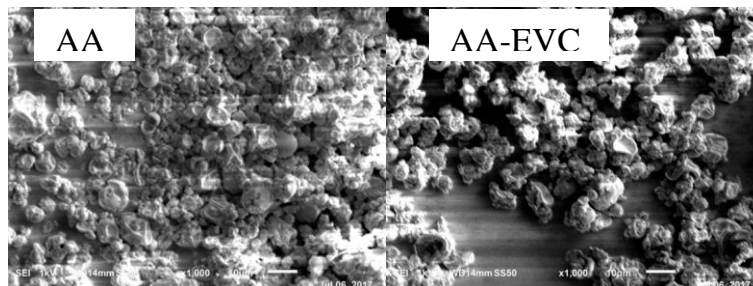


Figura 1. Micrografía (AA) y (AEVC), obtenidas por microscopía electrónica de barrido a 1000x.

Obtención de películas de chayotextle

Las películas de almidón de Chayotextle con vitamina C y las películas de almidón de Chayotextle con encapsulado de vitamina C en comparación con las películas de almidón de Chayotextle contienen una mayor cantidad de glicerol, ya que estas, al tener una cantidad menor de este, no son elásticas, lo que imposibilitaría el manejo de ellas para los estudios posteriores. De igual manera estas películas tienen un menor tiempo de secado en comparación con las películas de almidón de Chayotextle, ya que, al dejarlas por un tiempo mayor, se secan, dejándolas quebradizas. Las películas de almidón de Chayotextle soportaron un tiempo mayor de secado, como también tienen una mayor elasticidad. De igual manera se observan los cambios en cuanto a su coloración. La película de almidón de Chayotextle es incolora, mientras las películas de almidón de Chayotextle con vitamina C tiene un ligero tono amarillento y las películas de almidón de Chayotextle con encapsulado de vitamina C presenta un tono amarillento más resaltante. Los cambios en la coloración se deben a la sensibilidad que los componentes que integra a cada biopelícula tienen hacia varios factores, como lo es la sensibilidad a la luz, temperatura, pH, que entre más expuesta este a estos factores, esta se vuelve más sensible. En este caso nuestro componente principal es la Vitamina C, que es la que sufre mayor sensibilidad al exponerse a ciertos factores, por lo que

se observa que en la película de almidón de Chayotextle, que no contiene Vitamina C no presenta algún cambio significativo en cuanto a su color. La película de almidón de Chayotextle con encapsulado de vitamina C, presenta un ligero tono amarillento ya que, si contiene Vitamina C, pero esta encapsulada y la microencapsulación pretende proteger a la Vitamina C de los factores que la dañan, mientras que la película con vitamina C, tiene vitamina C que está completamente expuesta a todos los factores por lo que estos, actúan y dañan la película.

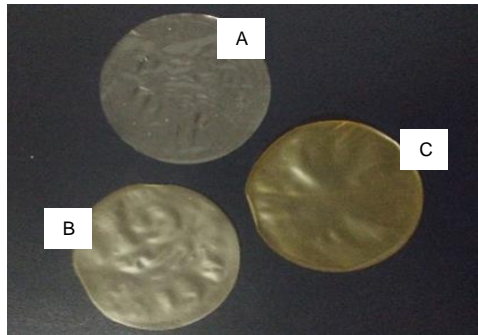


Figura 2. Biopelículas obtenidas con: A) chayotextle, B) microcápsulas y C) vitamina C.

Análisis morfológico de las películas de almidón adicionadas con Vitamina C encapsulada y sin encapsular

En la micrografía PAC se observa un borde con fase homogénea, mientras que en la micrografía PAC-AA-EVC se muestran pequeñas esferas asimétricas que pueden ser el microencapsulado de la Vitamina C y en la micrografía PAC-VC se observan aglomeraciones por todo el borde fracturado de la película, que puede representar a la Vitamina C dispersa en la biopelícula.

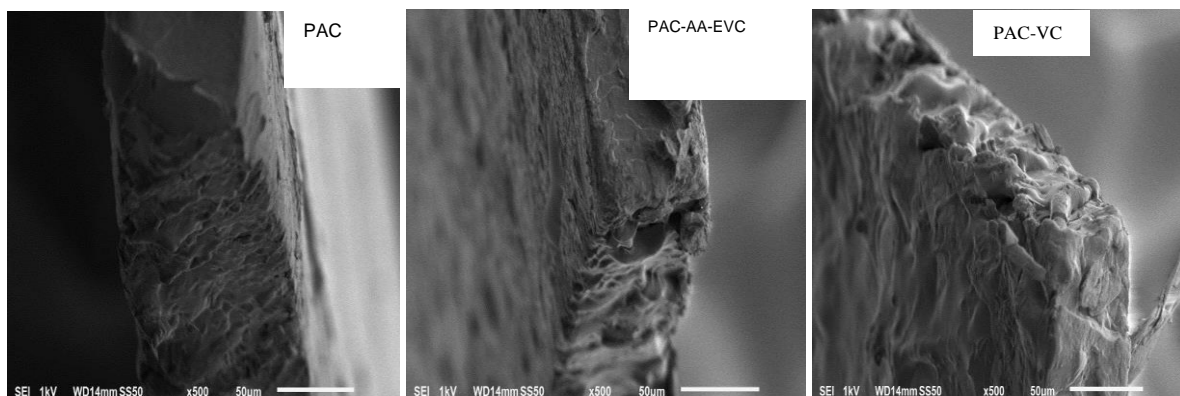


Figura 3. Micrográficas del borde de la película de chayotextle (PAC), borde de la película con encapsulado de Vitamina C (PAC-AA-EVC) y borde de la película con Vitamina C (PAC-VC) obtenida por microscopía electrónica de barrido a 500x.

Cuantificación de vitamina C

Tabla 2. Cuantificación de biopelícula con Vitamina C encapsulada y muestra con Vitamina C sin encapsular

Tiempo (Semana)	PAC-AA-EVC (30 min)	PAC-VC (30 min)
	Concentración	
0	0.000606061	0.001909091
1	-0.000242424	0.011939394
2	0.000787879	0.011727273
3	0.000848485	0.010575758
4	0.000363636	0.007909091
5	0.001272727	0.006757576
6	0.033333333	0.006515152

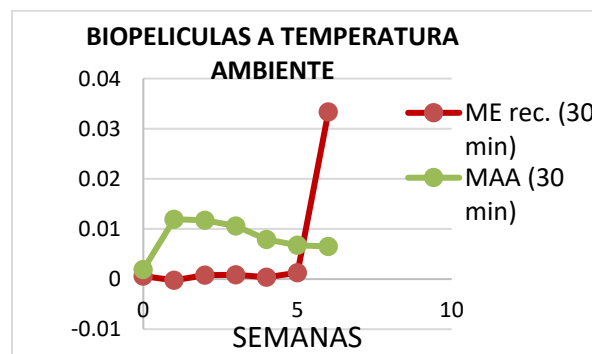


Figura 4. Cuantificación de biopelículas con VC encapsulada y muestra con VC sin encapsular

Evaluación mecánica de las películas obtenidas

Se puede observar que las películas de Almidón de Chayotextle presenta una mejor respuesta al esfuerzo de tensión de 9 a 10 KPa. Las películas de almidón de chayotextle que recibieron la vitamina C (PAC-AA-EVC y PAC-VC) solo mostraron una resistencia al esfuerzo en un rango de 4 a 6 KPa. Sin embargo, la mayor deformación de las películas se obtiene al usar el ácido ascórbico en la película.

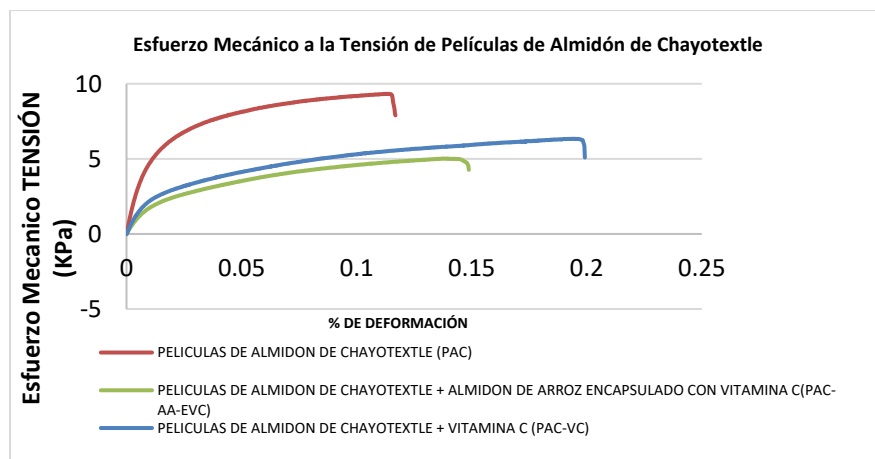


Figura 5. Análisis de Esfuerzo Mecánico de Películas de Almidón de Chayotextle con cargas de Vitamina C.

Colorimetría a las películas de almidón

Tabla 3. Colorimetría a las películas obtenidas

MUESTRA	COLOR								
	INICIO			MEDIO		FINAL			
	L	A	b	L	a	b	L	A	B
Encapsulado (estufa)	87.458	2.418	- 1.988	73.36	2.208	23.762	71.338	2.954	24.288
Ácido Ascórbico s/enc	91.024	1.048	- 3.766	64.038	15.414	57.802	61.186	17.86	56.63
Encapsulado (refrigeración)	85.744	2.022	- 0.752	86.494	2.476	-1.578	86.028	2.886	-3.502

Conclusiones.

Las biopelículas que presentan microcapsulas de vitamina C presentan una mayor vida útil en comparación con las películas con vitamina C sin encapsular. Se establece un rango de resistencia mecánica y determinación al esfuerzo de tensión que permita ciertas aplicaciones. La uniformidad de la mezcla evidencia la no formación de poros o huecos lo cual lo hace homogénea. El microencapsulado de compuestos activos con almidones es de gran interés en el área de los alimentos y farmacología. Se recomienda tener un manejo adecuado de las microcápsulas en el muestreo para evitar la degradación de la vitamina C antes de realizar la cuantificación.

Agradecimientos.

Muy especialmente a la Dra. Heidi María Palma Rodríguez y al Dr. Apolonio por permitirme ser parte de su equipo de trabajo y ser mi asesora, también por apoyarme en la realización de mi proyecto, por abrirme las puertas de los laboratorios, por darme la confianza de tener al alcance el material que necesitaba, además agradezco su amistad.

Un agradecimiento muy especial a mi familia, por su apoyo y por estar conmigo en todo momento. De igual manera agradezco a mi institución y a mis profesores, por la formación académica brindada.

Referencias

- Abbas, S., Da Wei, C., Hayat, K., & Xiaoming, Z. (2012). Ascorbic Acid: Microencapsulation Techniques and Trends-A Review. *Food Reviews International*, 28, 343-374. DOI: 10.1080/87559129.2011.635390
- Ahmadi, R.; Kalbasi, A. y otros tres autores, (2012). Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). *J. Food Engineering*, 109, 745–751. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.11.010
- Alvim, I; Stein, M; Koury, I; Dantas, F & Cruz, C. (2016). Comparison between the spray drying and spray chilling microparticles contain ascorbic acid in a baked product application. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 689-694. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.049>
- Dürüst, N., Sümengen, D., & Dürüst Y. (1997). Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2085-2087. <https://doi.org/10.1021/jf9606159>

- Patindol J. A., Gonzalez B. C., Wang Y. J. and McClungb A. M. (2007). Starch fine structure and physicochemical properties of specialty rice for canning. *Journal of Cereal Science* 45: 209–218. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.08.004>
- Hutchings, J. B. (1999). *Food and Colour Appearance*, Second Edition. Gaithersburg, Maryland: Chapman and Hall Food Science Book, Aspen Publication. *Hydrocolloids*, 25(6), 1441–1447. <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.01.012>
- Jiménez-Hernández, J., Salazar-Montoya, J. A., & Ramos-Ramírez, E. G. (2007). Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. *Carbohydrate Polymers*, 68(4), 679-686. doi: 10.1016/j.carbpol.2006.07.035.
- Nazzaro, Filomena, Orlando, Pierangelo, Fratianni, Florinda, & Coppola, Raffaele. (2012). Microencapsulation in food science and biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 182-186. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2011.10.001>
- Palma-Rodriguez, Heidi M., Agama-Acevedo, Edith, Gonzalez-Soto, Rosalia A., Vernon-Carter, E. Jaime, Alvarez-Ramirez, Jose, & Bello-Perez, Luis A. (2013). Ascorbic acid microencapsulation by spray-drying in native and acid-modified starches from different botanical sources. *Starch - Stärke*, 65(7-8), 584-592. doi: 10.1002/star.201200200
- Palma-Rodriguez, Heidi M., Agama-Acevedo, Edith, Mendez-Montealvo, Guadalupe, Gonzalez-Soto, Rosalia A., Vernon-Carter, E. Jaime, & Bello-Pérez, Luis A. (2012). Effect of acid treatment on the physicochemical and structural characteristics of starches from different botanical sources. *Starch - Stärke*, 64(2), 115-125. doi: 10.1002/star.201100081
- Woggum, T., Sirivongpaisal, P., & Wittaya, T. (2014). Properties and characteristics of dual-modified rice starch based biodegradable films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 67, 490-502. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.03.029

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

EFECTO ANTIMICROBIANO DE UNA PELÍCULA BIODEGRADABLE Y SU APLICACIÓN COMO COBERTURA EN ALIMENTOS

I. García-Martínez¹, A. Vargas-Torres², A.M. Salgado-Delgado¹, R. Salgado-Delgado.¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- ivgama071192@hotmail.com, areli.sd@zacatepec.tecnm.mx, rene.sd@zacatepec.tecnm.mx ²ICAP- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, dirección- apolonio@uaeh.edu.mx

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo elaborar y caracterizar películas degradables a base de almidón de chayotextle (*Sechium edule Sw.*), adicionada con extracto de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) T1 metanólico liofilizado y T2 rico en antocianinas, tomando como control la película de almidón sin extracto con la finalidad de comparar sus propiedades antimicrobianas, mecánicas, biodegradabilidad, FTIR y permeabilidad de vapor de agua, que ayuden en la aplicación como recubrimientos o empaques y estos conserven o incrementen las propiedades de productos perecederos. Estas fueron sometidas a diferentes pruebas una de las cuales marca uno de nuestro objetivo, la biodegradación que se llevó a cabo en un periodo de 24 días. La degradación de la película control fue 49.1430%, T1 62.9657% y T2 58.1823 %. Los resultados nos indican que el extracto la hace más degradable en comparación a la película control.

La película sin extracto no posee propiedades antibacterianas por lo cual, el extracto de Jamaica T1 y T2 le dio un plus a la película mostraron inhibiciones mayores al 98 %. La película T2 mostro más inhibición que la T1, aunque la diferencia sea mínima $\pm 2\%$. También se realizaron pruebas de permeabilidad de agua (PVA), los resultados mostraron menor PVA en los extractos que la película control, con el objetivo de apreciar el comportamiento y propiedades. Las pruebas mecánicas también dieron resultados favorables claro dependiendo a las propiedades que se desean adquirir, haciéndolas más elásticas un poco más de 120 %.

Introducción.

Las películas y revestimientos preparados a partir de materiales biodegradables se utilizan cada vez más en la industria del envasado de alimentos. Los polímeros biodegradables se pueden producir a partir de recursos naturales renovables como el almidón, químicamente sintetizados de fuentes naturales (por ejemplo, ácido láctico), o hechos de materiales microbiológicamente producidos (por ejemplo, hidroxibutirato e hidroxivalerato). Estos biopolímeros pueden descomponerse más fácilmente en el ambiente que sus homólogos poliméricos sintéticos (polietileno (PE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS) que se derivan de aceites crudos. (Kuurwel K. Kuurwel, 2011).

Una fuente novedosa no convencional entorno al almidón es el chayotextle, la importancia de este radica en su alto contenido de almidón, la parte más nutritiva de la planta corresponde a las raíces tuberizadas que contienen de 10 a 25% de almidón (Cruz-León & López-Rueda, 2004) además de la relación amilosa/amilopectina, la cual es característica de la fuente de almidón proporcionando películas flexibles, cuando se obtienen de almidón con alto contenido de amilosa (Hanna y Xu, 2009; Liu y Han, 2005).

Una película degradable para que tenga un mayor impacto respecto al empaque necesitará tener propiedades antimicrobianas, una propuesta es la Jamaica

(*Hibiscus sabdariffa*) ya que posee muchas propiedades. Es una fuente de compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides, ácido ascórbico, entre muchos otros; estos otorgan actividad antioxidante y otros efectos benéficos para la salud. La jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) pertenece a la familia de las *Malváceas* y es originaria de África tropical, su cultivo se ha extendido en México, América Central y del Sur y sudeste asiático. En México se cultiva en diez estados, siendo Nayarit el cuarto productor nacional. (Sumaya *et al*, 2014)

En este sentido, la creación de materiales biodegradables combinados con agentes antimicrobianos, está surgiendo como una de las formas más prometedoras de sistemas de envasado activo.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Preparación de película biodegradable de Almidón de chayotextle con extracto de jamaica.

Esta solución (**Tabla 1; muestra B**) se homogenizó en una mezcladora (Marca: Cole-Parmer. Modelo: 50006-00) y se agitó a 200 rpm desde 40 °C a 90 °C se mantuvo por 10 min a 90 °C, usando un calentador de agua (Marca: PolyScience, Modelo : 812). Las películas se prepararon mediante vertido en placa, las suspensiones gelatinizadas posteriormente se centrifugaron a 6000 rpm (Centrifugadora, Hermie Z 323K Modelo: Z323K) durante 3 min a 30 °C para eliminar el exceso de burbujas de aire, una vez concluido el centrifugado se vertieron sobre una placa, y se secaron en un horno de convección (Marca Shel-Lab, Modelo: 1380FX) a 35 °C por 24 h, posteriormente se desprendió la película de la placa. Se mezclaron (Tabla 1; muestra T1 y T2), esta solución se homogenizó en la mezcladora y se agitó a 200 rpm desde 40 °C a 90 °C se mantuvo por 10 min a 90°C. Pasando el tiempo se llevó la solución filmogénica a 40 °C y se agregó 1.5 % en peso del extracto de Jamaica (T1 y T2) manteniendo en agitación a 200 rpm durante 10 min. La mezcla se vertió en la placa, evitando la formación de burbujas. Se secó la placa en un horno a 35 °C durante 24 h y posteriormente se desprendió de la placa.

Tabla 1.- Porcentaje en peso para la elaboración de películas biodegradables.

Muestra	Glicerol	C	E. T1	E. T2
B	1.10%	2.30%	-----	-----
T1	1.10%	2.30%	1.50%	-----
T2	1.10%	2.30%	-----	1.50%

Donde B= Película biodegradable de Chayotextle; T1= Película biodegradable con extracto de Jamaica metanólico liofilizado; T2= Película biodegradable con extracto de jamaica rico en antocianinas.

Determinación de color. La determinación de color de las películas biodegradables fue realizada con un colorímetro (Minolta, CR300) previamente calibrado.

Determinación de longitud de onda a través del FTIR.

Las biopelículas se caracterizaron en un espectrofotómetro de FTIR marca Perkin Elmer *Spectrum Two* con software *Spectrum®*.

Prueba Microbiológica.

Activación de bacterias.

Se prepararon 50 mL de caldo nutritivo por cada Bacteria. Después se añadió la bacteria Gram positiva (*Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*) y Gram negativa (*Escherichia coli* y *Salmonella choleraesuis*) se incubó por 24 h a una temperatura de 37 °C. Pasando las 24 h se tomó una alícuota de cada bacteria y se vertió en solución salina (0.9%), hasta ajustar al 0.5 McFarland.

Círculos de películas biodegradables.

Por cada película (B, T1 y T2) se cortó un círculo de aproximadamente 28.2743 mm², los círculos fueron depositados en una caja Petri de vidrio para su posterior uso. Se depositó en un eppendorf, después se transfirió 500 µL de bacteria al tubo, se incubó durante 24 h con una agitación moderada a 36 °C. Repetir el mismo procedimiento para cada tratamiento.

Proceso de Diluciones.

Se prepararon tubos con 900 µL de solución salina estéril, se transfirieron 100 µL de alícuota de la suspensión bacteriana al primer tubo y se mezcló vigorosamente. Del primer tubo se toma 100 µL para el segundo y así sucesivamente para obtener diluciones en serie desde 1×10^{-1} hasta 1×10^{-4} . En el caso del control hacer las diluciones hasta 1×10^{-6} .

Sembrado en caja Petri.

Se tomó la caja Petri con el agar (Mueller Hinton) y se vertió un inóculo de 100 µL de 1×10^{-1} , se usaron de 7-10 perlas para hacer una distribución homogénea, ya homogenizado se depositaron las perlas en un vaso de precipitado y se rotulo la bacteria que se utilizó al igual que el tratamiento. Repetir en diluciones de 1×10^{-3} y 1×10^{-4} para cada Tratamiento y bacteria. En el control blanco (Película biodegradable de Chayotextle) incluir 1×10^{-5} y 1×10^{-6} .

Biodegradación.

Siguiendo la metodología de (DALEV. & al, 2000) con algunas modificaciones. Se usó tierra negra de uso comercial humedecida con 80 mL de agua de grifo en seguida se vertió en un contenedor de plástico (Medidas del recipiente 5 x 17.7 x 12.5 cm aproximadamente) hasta un espesor de aproximadamente 4 cm. Las muestras (3 x 3 cm) fueron pesadas y luego enterradas en el suelo a una profundidad de 1 cm. Se pulverizó 40 mL agua cada segundo día así durante un periodo de 24 días, se retiraron cuidadosamente las muestras cada tercer día respectivamente de cada tratamiento, se lavaron con agua destilada y se secaron a 35 °C en un horno de convección y durante 24 h y luego se pesaron.

Permeabilidad de Vapor de Agua (PVA).

Se siguió la metodología de (Martinez, 2016) y (Zamudio-Flores & et al, 2015) con algunas modificaciones. Se determinó de acuerdo al método estándar de la ASTM E 96-95 (ASTM, 1995a, 1995b). Las muestras se acondicionaron a 48 h en un desecador con NaBr con una humedad relativa de 52 %. Después se colocaron en

una celda de permeación las cuales quedaron selladas sobre una abertura circular de 0.000282 m², almacenándose a 25 °C en un desecador a una humedad relativa de 75% utilizando una solución saturada de NaCl. Los cambios de peso de las celdas se registraron cada hora durante al menos 8 h.

Evaluación de propiedades mecánicas de las películas biodegradables.

Se llevó a cabo utilizando la metodología descrita por (Zamudio-Flores & *et al*, 2015) con algunos cambios. Se realizaron de acuerdo con el método ASTM-D882-95^a, se utilizaron muestras rectangulares de 8 x 1 cm, a las cuales se les determinó el grosor en 5 posiciones aleatorias longitudinales y se saca el promedio. Los rectángulos se mantuvieron por 48 h a 52 % humedad en desecadores con solución salina saturada de NaBr. Las muestras se colocaron en las mordazas de sujeción del texturómetro INSTRON (Model 2519-107), dotado con el software correspondiente.

Resultados y Discusión.

Formación de películas biodegradable de Chayotextle y con extractos de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*).

En la **Figura 1** muestra el resultado de la elaboración de las películas biodegradables. Se observó que los extractos T1 extracto de Jamaica metanólico liofilizado y T2 extracto de Jamaica rico en antocianinas Las biopelículas con extractos de Jamaica T1 y T2 mostraron mayor flexibilidad que en la muestra control. Las biopelículas con los extractos se hicieron pegajosas (Medina J, 2016).

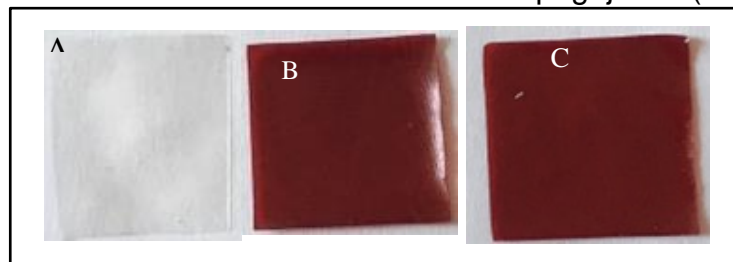


Figura 1. Aspecto visual de las películas Biodegradables.
Donde A= película de chayotextle; B= T1; C=T2.

Resultado de la prueba de color.

Los valores que se obtuvieron de las películas biodegradables fueron semejantes entre las películas con el extracto ya que el color es casi idéntico, pero donde si se notó gran diferencia fue con la película biodegradable que no contienen ningún extracto prácticamente carece de color, se muestra los rangos que tiene las películas biodegradables que a través de la **Tabla 2** nos mostrara en que ubicación se encuentra el color de dicha película biodegradable.

Tabla 2.- Valores de $L^*a^*b^*$ de las películas

Bacteria.	T1 (%)	T2(%)	C (%)
<i>Listeria M.</i>	99.99	100	0
<i>E. coli.</i>	98.78	99.99	0
<i>Salmonella C.</i>	99.99	100	0
<i>S. Areus.</i>	100	99.99	0

Ondas de FTIR de las películas biodegradables.

Esta es una comparación de los FTIR para observar que tanto cambia una de otra, sin embargo, el cambio más significativo fue la adición del extracto, en la *Figura 2* se muestra B, T1 y T2.

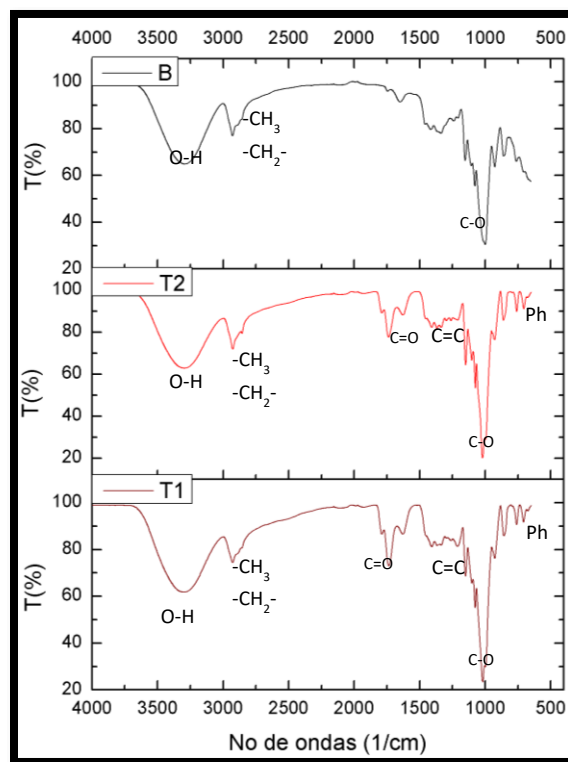


Figura 2. FTIR de las películas de chayotextle y con extractos

Determinación del grado de inhibición que posee las películas biodegradables.

De acuerdo a los datos proporcionados del resultado de UFC (Unidades formadoras de colonia) se realizaron los porcentajes (*Tabla 3*).

Se tiene antecedente según (Higginbotham L. K. *et al*, 2014) en la cual se extrajeron extractos de *Hibiscus Sabdariffa* por medio de agua destilada, se usaron directamente en salchichas para reducir la población de *Listeria M*, esto también apoyado por los resultados de (Higginbotham L. Kristen *et al*, 2014) mencionan que

los extractos demostraron actividad antimicrobiana contra *E. coli* 0157: H7 y *S. Aureus*.

Tabla 3. Porcentaje de inhibición de las bacterias.

Variables.	B	T1	T2
L	90.41	28.88	26.97
a	0.24	44.32	37.75
b	-3.67	20.29	16.3

Biodegradación de las películas.

La descomposición del 49% de las películas B se produjo el día 24 del estudio, mientras las películas adicionadas con el extracto lo rebasaron, aunque no se degradaron en su totalidad en los 24 días. El importante resultado del estudio de biodegradabilidad desarrollado en este trabajo fue la incorporación del extracto mejoró la biodegradabilidad de las películas de almidón-glicerol, dando lugar a nuevos materiales poliméricos que se degradan, como se muestra en la **Figura 3**.

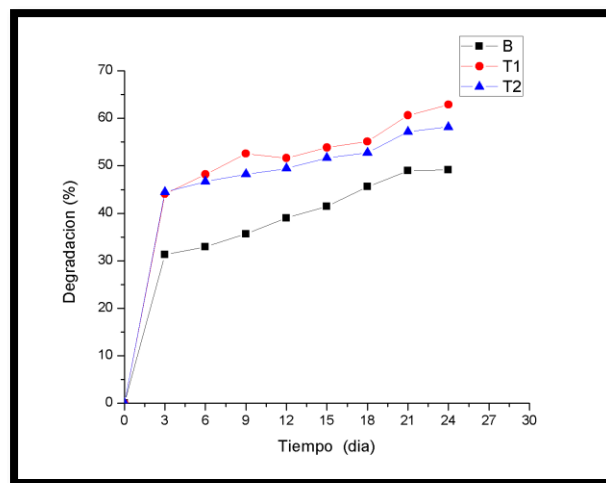


Figura 3. Comportamiento de la degradación de las películas a través del tiempo. Donde % es pérdida de peso, T1 (extracto de Jamaica metanólico liofilizado) y T2 (extracto de jamaica rico en antocianinas)

Resultado de permeabilidad de vapor de agua (PVA) de las películas

En la **Figura 4** se puede ver el comportamiento que tienen las películas de almidón adicionadas con los extractos de Jamaica, T1 (metanólico liofilizado) y T2 (rico en antocianinas) con respecto a la permeabilidad al vapor de agua (PVA), donde la película control presenta valores de permeabilidad mayores que las películas adicionadas. En la película "B" se obtuvo un PVA de $1.37554E-15$ ($g\ m^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$), T1= $7.25972E-16$ ($g\ m^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$) y T2= $1.05076E-15$ ($g\ m^{-1}s^{-1}Pa^{-1}$). Se observa la diferencia rápidamente del control y los extractos, pero entre los extractos se aprecia también una diferencia cabe destacar que es menor en comparación con la "B".

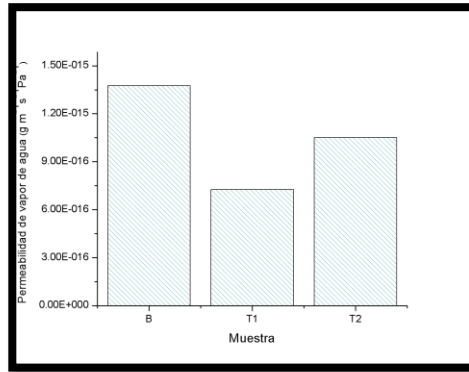


Figura 4. Comportamiento de las películas respecto al vapor de agua (PVA).

Resultado Pruebas mecánicas.

La Tabla 4 muestra los resultados de las películas biodegradables con extracto de Jamaica y las películas a base de almidón de chayotextle. Observado un descenso en el esfuerzo máximo a la ruptura y en el módulo de Young conforme se adiciono el extracto de Jamaica en comparación a la que no lo tiene. Efecto contrario fue notado en el porcentaje de elongación.

Tabla 4. Resultados de las Pruebas mecánicas.

Tratamiento	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%).	Módulo de Young (MPa).
B	3.22048	43.97922	18.09095
T1	0.76806	161.7710	0.72387
T2	0.88097	116.21003	1.02692

Conclusiones.

Las biopelículas (T1 y T2) se observó diferencia entre el color en comparación de la película control (B) además que la adición de su posterior extracto funciona como agente plastificante ya que algunos tienen esa propiedad. De acuerdo con resultados de (Pagno H.C. et al, 2015) donde utilizo algún tipo de extracto dedujo que el uso de este mejoró la biodegradabilidad de las películas; y de acuerdo a estos resultados respecto a biodegradabilidad en comparación a B registró mayor Biodegradabilidad (B= 49%, T1=62% y T2= 58%). Las biopelículas que contienen los extractos de *H. sabdariffa* mostraron resultados positivos en cuanto a la actividad antimicrobiana, demostrando efectividad en la inhibición del crecimiento de patógeno. las películas adicionadas con los extractos son mejores que la película control, mostraron reducción en PVA además en las pruebas mecánicas mejoró su elongación de la película biodegradable en comparación con la biopelícula sin los extractos.

Agradecimientos.

En primer lugar, quiero agradecer al Instituto de ciencias Agropecuaria (ICAp) dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y en particular al Dr. Apolonio Vargas Torres, por su dirección, recomendaciones y aporte además por el esfuerzo y la ayuda permanente que me brindó. Agradecer a mi Instituto tecnológico de Zacatepec por la formación académica brindada a través de

la carrera, a mis profesores que me impartieron materias y compañeros por su apoyo moral. Además, agradecer por la generosidad del Dr. Rene Salgado Delgado, al permitirme realizar pruebas mecánicas en el Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ). Un agradecimiento especial para la Dra. Areli Marlen Salgado Delgado, por su ayuda y supervisión en mi estancia en el centro de ciencias agropecuarias (ICAp).

Referencias.

- Aila S. A. (2012) *Efecto de la concentración de celulosa y nanocelulosa, sobre películas elaboradas a partir de almidón del tubérculo de chayotextle (Sechium edule Sw)*. (Tesis para Lic) . Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, Instituto De Ciencias Agropecuarias. Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México
- Kuorwel K. Kuorwel, Marlene J. Cran, Kees Sonneveld, Joseph Miltz, and Stephen W. Bigger. (2011). Antimicrobial Activity of Biodegradable Polysaccharide and Protein-Based Films Containing Active Agents. *Journal of Food Science*. 76, 90-102.
Doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02102.x
- Kristen L. Higginbotham a, Kellie P. Burris b, Svetlana Zivanovic a, P. Michael Davidson a, C. Neal Stewart Jr. (2014). Aqueous extracts of Hibiscus sabdariffa calyces as an antimicrobial rinse on hot dogs against *Listeria monocytogenes* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Food Control*. 40 , 274- 277.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.12.011>
- Hanna M. A. y Xu Y. (2009). Starch–Fiber Composites. pp. 340-363. In: Long Yu (ed.) *Biodegradable Polymer Blends and Composites from Renewable Resources*. John Wiley y Sons, Inc., University of Nebraska, Lincoln, USA.
DOI: 10.1002/macp.200900141
- Higginbotham L. Kristen, Kellie P. Burris P. Kellie, Zivanovic Svetlana, Davidson P. Michael, Stewart C. Neal (2014). Aqueous extracts of Hibiscus sabdariffa calyces as an antimicrobial rinse on hot dogs against *Listeria monocytogenes* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Food Control*. 40,) 274-277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.12.011>
- Liu Z. y Han J.H. (2005). Film-forming characteristics of starches. *Journal Food Science* 70:31–36.
DOI:10.1111/j.1365-2621.2005.tb09034.x
- Medina Jaramillo Carolina, Gutiérrez Tomy J. Goyanes ,Celina Bernal Silvia Lucía Fama. (2016). Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. *Cabohidates polymers*. 250-259. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.025>
- Sumaya Martfnez Ma. Teresa, Medina Carrillo Raquel E. , Machuca Sánchez Ma. Luisa, Jiménez Ruiz Edgar, Balois Morales Rosendo, Sánchez Herrera Leticia Mónica. (2014). Potencial de la Jamaica (Hibiscus Sabdariffa L.) En la elaboración de alimentos funcionales con actividad antioxidante. *Sexta época del año*. 35, 1082-1088.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14131676017>
- Zamudio-Flores Paul B. , & et. (2015). Caracterización fisicoquímica, mecánica y estructural de películas de almidones oxidados de avena y plátano adicionadas con Betanainas. *Agrociencia* , 49, 483-498.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

PRELIMINARES SOBRE ALTERNATIVAS DE BLANQUEAMIENTO DE BIOMASA DE CASCARA DE ARROZ, SUBPRODUCTO AGROINDUSTRIAL.

B. Flores-Abarca¹, R. Hernández-Pérez¹, A. M. Salgado-Delgado¹, O. E. Silva-Astudillo¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- santaclara57@yahoo.es, beatrizfloresabarca@outlook.com

Área de participación: *BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)*

Resumen: La cascarilla de arroz se considera un residuo agroindustrial, el cual es uno de los contaminantes producidos por las empresas dedicadas al cultivo y procesamiento del arroz. Por lo anterior en el presente trabajo se tiene como objetivo la obtención y caracterización de celulosa a partir de esta biomasa de la variedad "Morelos A-2010", utilizando tratamientos como el blanqueo con Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2) e Hipoclorito de Sodio ($NaClO$). La cascarilla fue macerada y enseguida tamizada, después fue procesada mediante extracción alcalina ($NaOH$) al 5%, blanqueo con H_2O_2 al 1% y ($NaClO$) al 1%, seguido de un pretratamiento con (HCl). El producto, se caracterizó por Espectroscopia (FTIR) y se visualizó su morfología por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Los resultados mostraron que el peróxido 1% / 90 min a 80°C, genera una decoloración de la fibra, considerándose una alternativa para lograr celulosa a partir del residuo de arroz. No obstante, con ($NaClO$), se logró mejor calidad, lo que debe ser evaluado con otros tiempos de tratamiento para mejorar la calidad de la fibra.

Introducción.

Los residuos de arroz son una materia con alto potencial para la fabricación de productos con valor agregado, el residuo (cascarilla) se encuentra en la parte exterior del grano de arroz maduro y es considerado una biomasa. Esta biomasa, se considera un sub producto agrícola que está acumulado y disponible en arrozales en grandes cantidades, que también se producen por la trilla. La biomasa está compuesta aproximadamente de 35% de celulosa, 25% de hemicelulosa, 20% de lignina y 17% de ceniza (94% de sílice) y 3% de ceran (Bhardwaj, et al., 2014).

El acopio y luego su eliminación son difíciles, y generalmente bajo una agricultura sustentable, que los pequeños productores prefieren su dispersión en campo junto la paja e incluso prefieren practicar la quema como fuente de energía, convertirse así en un contaminante ambiental por su composición y elevado índice de Si, a un alto costo y un impacto perjudicial sobre el medio ambiente y fuentes acuíferas.

El proceso de blanquear las fibras ocurre bajo condiciones controladas, para lograr una celulosa blanca, de alta pureza, o sea con alto contenido de alfa-celulosa. Para llevar a cabo el proceso se han utilizado un sin número de agentes químicos de blanqueo tanto oxidativos como reductivos, siendo los oxidativos los más utilizados en las últimas décadas. Entre los reactivos usados comúnmente se consideran, los clorinados: (Cl_2), (ClO_2), ($NaClO$) y a base de oxígeno: (H_2O_2), (O_2) y ozono (O_3) (Dueñas, 1997).

Fase Experimental / Fundamento Teórico.

El ensayo se realizó en el departamento de posgrado (DEPI) del ITZacatepec, en Morelos, México. Una visita al molino de arroz en Jojutla, permitió la colecta de la materia prima de arroz var. "Morelos A-2010" para la síntesis del biopolímero.

Obtención de celulosa

Selección de materia prima, seguido por el acondicionamiento de la misma. La obtención de celulosa se realizó con una adaptación para la materia prima sugerida por (Hernández, et al., 2022).

Acondicionamiento de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz se lavó con agua destilada en agitación constante a temperatura de 65°C durante 90 min con el fin de poder eliminar impurezas, suciedad y fauna nociva. Posteriormente, se colocó en charolas metálicas y se secó en una estufa a 45°C durante un periodo de 24 h. Una vez seca, se trituró, convirtiéndola en polvo fino, usando una licuadora. Se pesó y tamizó con # 30, pesado y separado en repeticiones de 20 g en cada tratamiento.

Tratamiento alcalino

Se preparó en un matraz aforado la solución para el tratamiento de cocción con NaOH al 5% tomando una relación de 1:10 cascarilla/solución y se agregó al matraz de cada tratamiento para luego ser colocados en una parrilla a 102°C durante 90 min con agitación constante, al término de cocción se dejó reposar 20 min hasta que se enfrió por completo y se continuó con un filtrado y lavado con bastante cantidad de agua destilada, para lograr pH básico. Al final, se colocó la biomasa en cajas Petri debidamente etiquetadas y se secó en una estufa a 80°C por 180 min y una vez secó se registró su peso.

Tratamiento de blanqueamiento

Para lograr una celulosa blanca, se eliminó las macromoléculas como lignina, materia orgánica coloreada y otros residuos indeseables en las fibras.

Para ello, se preparó una solución al 1% de Peróxido de hidrogeno (H₂O₂) para el tratamiento uno (T1) y otra solución para el tratamiento dos (T2) al 1% con Hipoclorito de sodio (NaClO) en matraces aforados, enseguida se procedió a colocar las soluciones antes realizadas en un vaso de precipitado y se agregó la biomasa de cada tratamiento, y se coloca en una parrilla de calentamiento a 80°C por 90 min en agitación.

Pasado el tiempo se dejó enfriar cada tratamiento para posteriormente filtrar mientras se adicionó agua hasta llegar a un pH 7, para concluir se colocaron las muestras en cajas Petri y estas se llevaron a una estufa de calentamiento a 80°C por 180 min realizando el registro de su peso final de cada tratamiento.

Pre tratamiento ácido

Se aplicó el siguiente procedimiento para la eliminación de otros componentes macromoleculares, como la hemicelulosa. Al término del tratamiento de blanqueo se procedió a realizar una solución de Ácido Clorhídrico (HCl) para los dos tratamientos a una concentración de 0.65% p/p en matraces aforados, después se vació la biomasa de los dos tratamientos en vasos diferentes de precipitado previamente etiquetados, se colocó cada vaso en una parrilla de calentamiento a 80°C durante 90 min con agitación constante. Trascurrido el tiempo se dejó enfriar y se filtró la mezcla, después se realizaron lavados con agua destilada hasta obtener un pH 7. Luego se drenó y se colocó las muestras en capsulas, etiquetadas y se metieron a una estufa a una temperatura de 80°C durante 180 min, pasado el tiempo se sacaron los tratamientos y se dejaron enfriar para luego pesar cada uno.

Caracterización de celulosa

Una vez obtenida ($C_6 H_{10} O_5$) sintetizada a partir de la cascarilla, se procedió a tomar una muestra por tratamiento y se aplicó un análisis de FTIR y SEM. A continuación, se describirán brevemente.

Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)

Se realizó el análisis espectroscópico FTIR con un espectrofotómetro Perkin Elmer, sobre la fibra tratada para evidenciar el efecto de los tratamientos sobre la hemicelulosa y la lignina contenida en la fibra. Esta técnica también permitió conocer las diferencias y semejanzas entre el T1, T2 y la muestra control extraídas de la cascara. Las muestras fueron registradas en la computadora.

Microscopia electrónica de barrido (SEM)

Se realizó un análisis morfológico empleando el microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6010LA.

Resultados y Discusión.

La figura 1, muestra los resultados del tratamiento para el blanqueo de celulosa extraída de cascara, por tratamiento alcalino y pretratamiento ácido, donde (T1) corresponde al blanqueamiento con peróxido de hidrogeno al 1% en el que se observa una baja purificación, este resultado se atribuye a la presencia de lignina y materia orgánica incolora no removida. En el caso del (T2) correspondiente al blanqueo con hipoclorito de sodio al 1% se observa una mayor decoloración en comparación con la T1, ya que se presenta pureza. La blancura de la celulosa del T2 coincide con lo reportado por Martínez, (2022), el que también utilizó este tratamiento con hipoclorito de sodio al 1%.



Figura 1. Resultados de blanqueamiento de celulosa, a partir de cascara de arroz morelense A-2010: (T1), usando blanqueo con peróxido de hidrogeno al 1%; (T2) tratamiento de blanqueo con hipoclorito de sodio al 1%.

Rendimiento de la síntesis

El rendimiento promedio obtenido por Martínez, (2022) fue menor en comparación a la extracción realizada en este estudio, ya que obtuvo un 23.87% en sus tratamientos con (NaClO) al 1%. En la tabla se expone el peso y el producto obtenido por tratamiento (Tabla 1). En donde T1 y T2 previamente tratadas para la obtención de celulosa. En donde se puede observar que el T1 presenta un mayor porcentaje en los tratamientos de NaOH y blanqueo con un 77-76.9% en comparación con el rendimiento del T2 donde se tiene un 72.8-60.7%, en el último pretratamiento se logra ver una diferencia significativa de 1.55% en su rendimiento de ambas muestras. Esto explica que el peróxido puede ser una alternativa más sustentable que (NaClO) dada la cantidad de H₂O usada en los lavados, lo que corrobora los resultados de García, et al., (2019), los que lograron buenos resultados con este reactivo a 0.5%, similar a los tratamientos con peróxido, con menor cantidad de celulosa sintetizada cuando usó peróxido de hidrogeno al 10%. En esta misma tabla, se hace una comparación con los de Hernández et al., (2022), quien realizó una comparación del rendimiento obtenido por cada tratamiento, dejando ver que su rendimiento final de 28.6%, coincidiendo con otros que han reportado entre 28-36%, más bajo que otros que obtuvieron hasta 41%. En este caso, los rendimientos de T1 y T2 fueron superiores (47.6-49%). Por lo que, pensamos necesario mejorar el manejo de las muestras, para lograr una mejor calidad.

Tabla 1. Cálculos del peso y rendimiento obtenido por tratamientos después del pretratamiento con HCl., (Peróxido de hidrogeno (T1), Hipoclorito de sodio (T2) y muestra Celulosa control (T0).

Tratamientos	Muestra T1		Muestra T2		Resultados de Hernández et al. (2022)	
	Peso (g)	Rendimiento (%)	Peso (g)	Rendimiento (%)	Peso (g)	Rendimiento (%)
NaOH	15.40	77	14.56	72.8	12.1	60.5
Blanqueo	15.38	76.9	12.14	60.7	7.76	38.8
HCl	9.52	47.6	9.83	49.15	6	28.6

Caracterización de celulosa

Cada uno de los tratamientos de blanqueo de celulosa fue monitoreado por análisis de FTIR y SEM los cuales se presentan a continuación:

FTIR

Como se muestran los análisis de espectroscopia, de la muestra control (T0), tratamiento de blanqueo con Peróxido (T1), comparado con tratamiento de H. de sodio (T2) (Figura 2). Donde se identifican, algunos grupos funcionales que contienen O₂, por lo tanto, se logran apreciar en el estiramiento O-H en el rango de 3500 a 3100 cm⁻¹, así mismo se observa la presencia de la sección alifática de los enlaces C-H en un rango de 2999 a 2850 cm⁻¹. Por otra parte, aparecen las señales características de la celulosa con flexión de puentes de H (agua adsorbida) en el rango de 1650 a 1600 cm⁻¹. A los 1420 cm⁻¹ se muestra la deformación de CH₂ y en el rango de 1500 a 1380 cm⁻¹ aparece la flexión (O-H), en el plano, junto a una flexión de puentes de C-H. Seguida de un estiramiento (C-O) entre 900-1200 cm⁻¹. Por último, se presenta la flexión de (O-H) fuera del plano a 600 - 660 cm⁻¹.

De los resultados obtenidos se aprecia una similitud en las muestras del T1 y T2 con el espectro de la muestra T0, con la única diferencia de que no es tan perceptible la señal de puentes de H que aparecen en el rango 1650 a 1600 cm⁻¹ y esto se adjudica a que nuestro rendimiento de las muestras T1 y T2 fue alto debido a que implicó menos lavados y por consecuencia habría menos eficiencia en estos, generando así una baja percepción de los puentes de H.

Tales resultados coinciden con García et al., (2019), los espectros de celulosa blanqueada son similares cuando se usaron ambos reactivos para blanquear las fibras. Las bandas a 1730 cm⁻¹ correspondiente a grupos C=O presentes en hemicelulosas y lignina, no aparecen en la Figura lo que es una evidencia, de que fueron eliminadas eficientemente con los tratamientos.

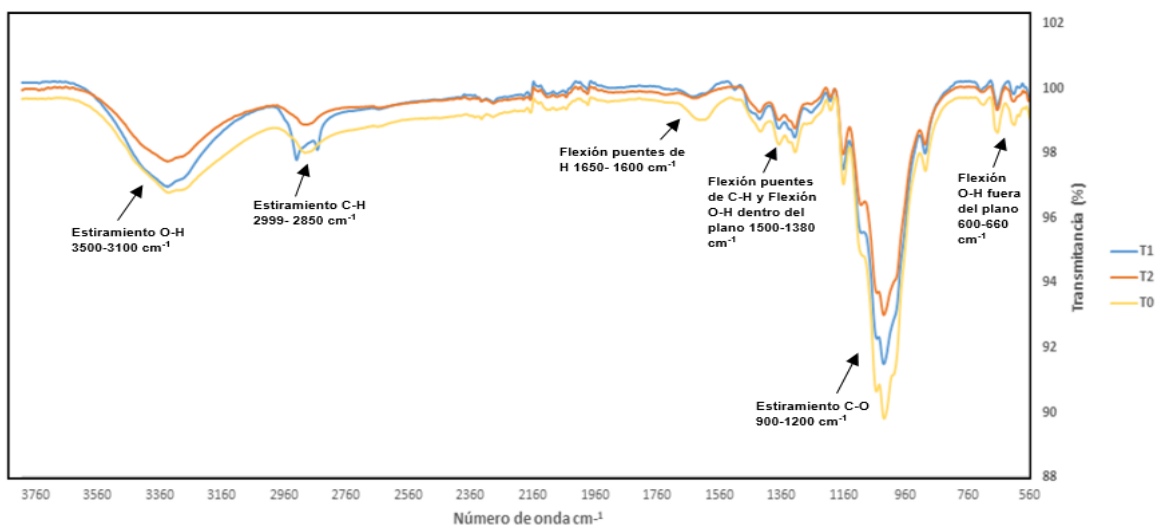


Figura 2. Análisis de FTIR del tratamiento de blanqueo.

Estudio morfológico de las fibras (SEM)

En las imágenes de la morfología con microscopio electrónico de barrido, las tres muestras (T0, T1 y T2) (Figura 4), muestran que en T0 las microfibrillas están libres, es decir desfibriladas. En T1, se destacan el empaquetado con un inicio de deshilado, similar a la estructura filamentosa. En el caso de T2 se observa que los paquetes de fibras, se han desprendieron completamente, dando lugar a fibras individuales, con disminución aparente en diámetro. Esto pudiera interpretarse, como un mejoramiento con posible remoción de componentes no celulósicos de la cascara.

La eliminación de componentes macromoleculares facilita que microfibras se aislen individualmente, lo cual coincide con (Johar, Ahmad, & Dufresne, 2012). cuando usaron una cocción y posteriormente el pre tratamiento ácido. También Castillo et al., (2019) explicó, que el análisis al escaner de la epidermis interna de la cascara sin pre tratamientos muestra una superficie lisa, cerosa y brillante.

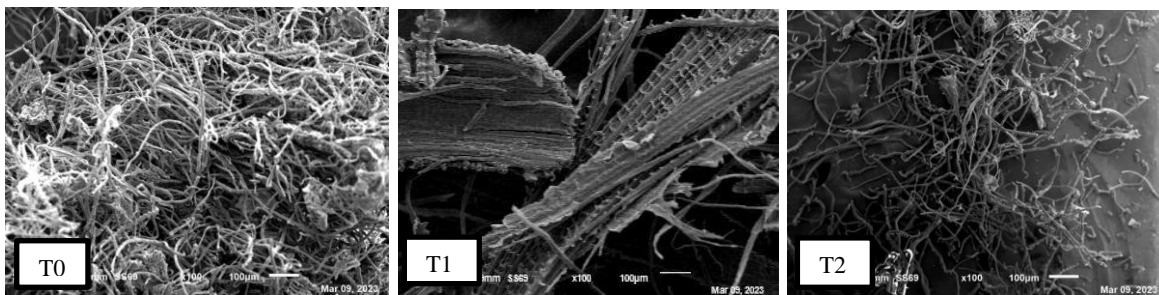


Figura 3. Análisis morfológico de celulosa obtenida por diferentes tratamientos: Peróxido de hidrógeno (T1), Hipoclorito de sodio (T2) y muestra Celulosa control (T0). El T2 con hipoclorito de sodio muy similar al T0 control, con igual desfibrilación.

Conclusiones.

Resultados preliminares indican que, se puede utilizar el peróxido al 1% durante 90 min a 80°C, como sustituto de hipoclorito, para blanquear la celulosa sintetizada a partir de este residuo. Lo que conduce a un menor gasto importante en agua empleada en los lavados de la biomasa. No obstante, debe continuar evaluándose el efecto del tiempo para mejorar la calidad del producto.

Referencias

- Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K., & Tuteja, N. (2014). Los biofertilizantes funcionan como un actor clave en la agricultura sostenible al mejorar la fertilidad del suelo, la tolerancia de las plantas y la productividad de los cultivos. *Célula microbiana Fábricas*, 13(66). <https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2859-13-66>
- Castillo, Y., Juscamaita, J., Jorge, P. A., & Visitación, L. (2019). Pretratamiento e hidrólisis enzimática de la cascarrilla de arroz. *Revista de la sociedad química del Perú*, 85(4), 476-486. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.261>
- Dueñas, S. J. (1997). Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel. *Universidad de Guadalajara*.

- https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3817202&pid=S1405-7743201100020000800027&lng=es
- García, S. K., Salgado, S., Córdova, S., Rincón, J. A., Bolio, G. I., Castañeda, R., . . . Valerio, C. (2019). Blanqueo de la fibra de celulosa de paja de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con peróxido de hidrógeno. *Agro Productividad*, 12(7), 11-17.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1434>
- Hernández, R., Salgado, R., Olarte, A., Salgado, A., García, E., Medrano, A., & Martínez, F. (2022). Comparing Acid and Enzymatic Hydrolysis Methods for Cellulose Nanocrystals (CNCs) Obtention from Agroindustrial Rice Husk Waste. *Hindawi*, 2022, 4-11.
<https://doi.org/10.1155/2022/5882113>
- Johar, N., Ahmad, I., & Dufresne, A. (2012). Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 93-99.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.12.016>
- Martínez, F. R. (2022). Obtención y caracterización de nanocelulosa a partir de arroz (desecho de la industria arrocería) por el método bioquímico. Tesis de maestría. *Instituto Tecnológico de Zacatepec*.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

AMINACIÓN DE LIGNINA ESTABILIZADA DE CÁSCARA DE COCO CON P-XILILENDIAMINA

E. J. Olivares¹, J. Porcayo-Calderón² y A. Quinto-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México, mg15090745@zacatepec.tecnm.mx, alfredo.qh@zacatepec.tecnm.mx

²Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas J, Calle Av. Rosales &, Centro, 83000 Hermosillo, Sonora, jporcayo@gmail.com

Área de participación: BIOPROCESOS (MC)

Resumen: La lignina es un biopolímero presente en la biomasa lignocelulósica, constituido del 15-30% en peso y 40% en energía. La lignina es de gran interés para la producción de biocombustibles y productos químicos debido a su estructura aromática, formada por unidades fenilpropanoides metoxiladas. No obstante, su alta reactividad química hace que su aislamiento sea difícil, pues se caracteriza por reacciones de condensación y repolimerización no controladas, ocasionando que difícilmente pueda dársele una aplicación posterior. En el presente trabajo se realizó una extracción/estabilización de lignina a partir de cáscara de coco para evitar reacciones de condensación y repolimerización, mediante estabilización con formaldehído. La lignina estabilizada (LE) fue sujeta dos trenes de funcionalización 1) fenolación (LE+F) y 2) fenolación seguida de aminación (LE+FA) utilizando p-xililendiamina, mediante la reacción de Mannich. Con fines comparativos, estos trenes de funcionalización se volvieron a realizar en lignina Klason (LK), o lignina condensada, para evaluar el alcance de la estabilización realizada. Así, se obtuvo paralelamente 1) lignina Klason fenolada (LK+F) y 2) lignina Klason fenolada y aminada (LK+FA). La efectividad de las funcionalizaciones se verificó usando Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) de las ligninas resultantes. Los resultados sugieren la obtención de LE y LK, así como de sus correspondientes versiones funcionalizadas.

Introducción

La biomasa lignocelulósica es el principal elemento estructural de las plantas, siendo una fuente de carbono reducido renovable (Amiri et al., 2019). La lignocelulosa está constituida principalmente por tres biopolímeros, 1) celulosa, que es un homopolímero lineal de glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos β -1,4; 2) hemicelulosa, un heteropolímero de azúcares C₅ y C₆ unidos a través de diferentes enlaces glucosídicos; y 3) lignina, que es un heteropolímero aromático de unidades fenilpropanoides de alcoholes *p*-curamílico, coniferílico y sinapílico. Estos alcoholes a su vez proceden de subunidades más fundamentales, *p*-hidroxifenilo, guayacilo y siringilo, respectivamente (Anderson et al., 2016). Los principales tipos de enlaces en lignina son β - β , β -5, 5-5 y β -O-4 (4), siendo este el enlace entre unidades el más abundante con una relación del 50-80% (Van den Bosch et al., 2020). Ver Figura 1.

Existen tres aspectos que gobiernan la cadena de valoración de la lignina hacia productos químicos, secuencialmente organizados como i) fraccionamiento de la biomasa lignocelulósica, ii) despolimerización de la lignina y iii) el mejoramiento para la incorporación a productos químicos (Schutyser et al., 2018). Debido a que la lignina es la mayor fuente natural de moléculas aromáticas y alto contenido de energía, se convierte en una materia prima de gran interés para la química

renovable (Bertella & Luterbacher, 2020). La reactividad de la lignina evita el aislamiento de la lignina nativa, lo que limita los rendimientos de monómeros valiosos. El uso de ácido y/o altas temperaturas durante el aislamiento de la lignina provoca una condensación que irreversible afecta su estructura molecular. En esta extracción ácida, los enlaces éter (β -O-4) se escinden y forman enlaces carbono-carbono (C-C) irreversibles. No obstante, si la lignina se estabiliza o se evita la condensación, se puede facilitar el desarrollo de nuevas reacciones, como lo es la funcionalización. Un método de aislamiento recientemente reportado (Shuai et al., 2016) que bloquea las posiciones bencílicas reactivas basado en un estabilizador aldehídico. Este puede reaccionar con la lignina para formar una estructura 1,3-dioxano (acetal), que impide la formación de cationes bencílicos.

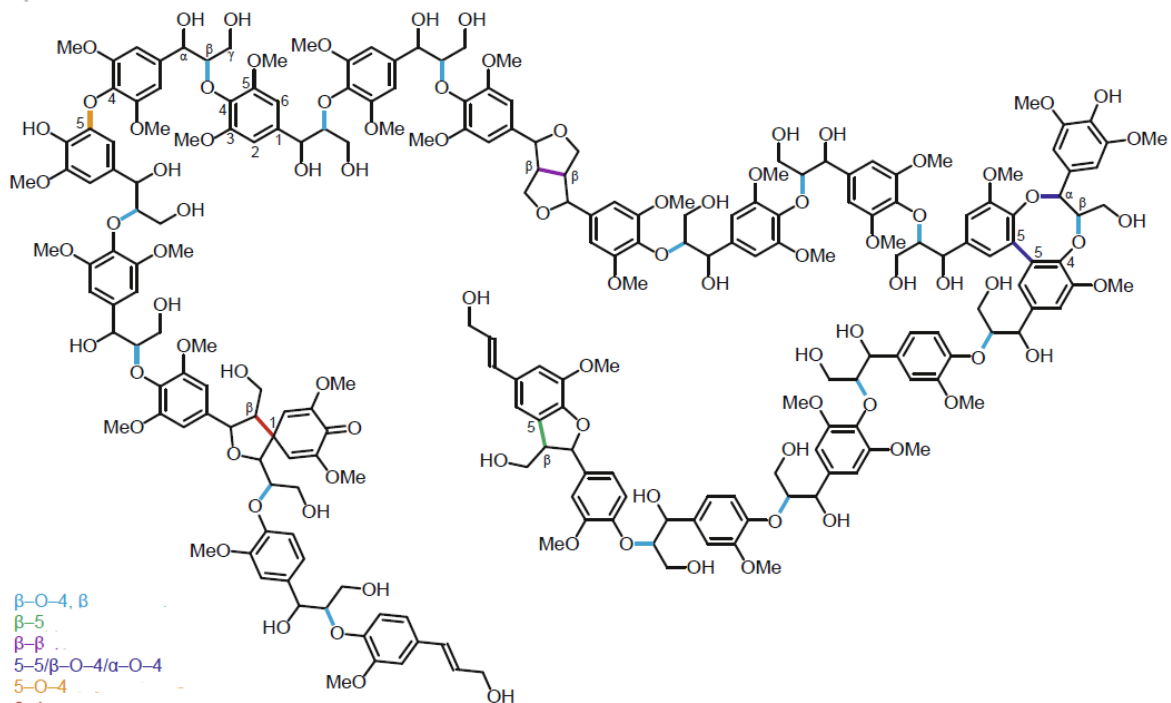


Figura 1. Estructura de la lignina con sus principales enlaces. Enlaces éter (β -O-4 (azul), α -O-4 (azul marino) y 5-O-4 (naranja)) y enlaces C-C (β -5 (verde), β - β (morado) y 5-5 (azul marino) (Lan et al., 2019)

La funcionalización de la lignina puede permitir una incorporación mejorada con polímeros, y así desarrollar nuevos materiales. Esta funcionalización procede de la reactividad de los anillos aromáticos de las unidades de la lignina (guayacil y siringil), también de los grupos hidroxilo alifáticos que se encuentran a lo largo de la estructura de la lignina (Bertella & Luterbacher, 2020). La modificación de lignina mediante aminación es de las más prometedoras, ya que los grupos amino introducidos son ionizables y están cargados positivamente (en condiciones ácidas). Así, la lignina obtenida es altamente hidrófila con un alto peso molecular, potenciando su uso en aplicaciones de materiales policationicos, inmovilización de enzimas, así como vehículos para fertilizantes de liberación lenta. La reacción de Mannich es un método que sirve para la incorporación de grupos amino en la

estructura de la lignina. Esta reacción puede ser en condiciones ácidas, neutras o alcalinas. Una modificación previa a la aminación es la fenolación, que puede mejorar el rendimiento de la lignina. La fenolación permite una mayor inserción de grupos hidroxilo, lo que da como resultado un aumento de sitios reactivos aromáticos, potenciando su posterior aminación (Du et al., 2014).

Sección Experimental

La extracción/estabilización de la muestra de cáscara de coco se llevó a cabo utilizando formaldehído (FA). La muestra obtenida se sometió a un pretratamiento de fenolación, seguido de aminación utilizando *p*-xililendiamina, una amina aromática. Previo a estos procesos, se realizó la caracterización de la muestra (contenido de humedad, cenizas y extractos). Con fines comparativos, se realizó la obtención de lignina Klason, la cual también se sometió a fenolación y aminación. Las ligninas obtenidas fueron identificadas mediante FTIR.

En la etapa de extracción/estabilización se colocaron 3 g de cáscara de coco en un matraz con 5.2 mL de FA (37%(p/p)), además de 25 mL de 1,4-dioxano y 2.1 mL de ácido clorhídrico (37%(p/p)). La reacción se llevó a cabo en condiciones de reflujo a 95°C, durante 3.5 H. Al término de la reacción, la mezcla se trató con dioxano y metanol para lograr la remoción de celulosa por filtración al vacío. El filtrado líquido resultante se neutralizó con solución saturada de bicarbonato de sodio (NaHCO₃), se concentró y se precipitó en un evaporador rotatorio. El precipitado se filtró lavando con agua desionizada (~100 mL), y se dejó secar a temperatura ambiente durante 10 min. El secado se completó en un desecador al vacío (~15 mbar) durante 24 h, obteniendo la lignina estabilizada (LE) con FA (Amiri et al., 2019).

Para obtener lignina estabilizada fenolizada (LE+F), se colocaron 166 mg de LE y 1 g de fenol en un tubo de ensayo (22x155 mm), los cuales se mezclaron con 2.5 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄, 72% (p/p)). Esta mezcla se calentó a 60°C durante 6 h con agitación, y al concluir la reacción se realizó una dilución de ácido vertido hasta una concentración del 3%(p/p). Finalmente, se procedió a realizar una digestión utilizando una autoclave a 125°C durante 1 h. El precipitado obtenido se filtró y lavó con agua desionizada, dejando secarse en un desecador al vacío durante 24 h (Du et al., 2014). Se realizó este mismo procedimiento para fenolizar lignina Klason.

Para aminar la ligninina estabilizada y fenolada se recurrió a la reacción de Mannich (Du et al., 2014). Inicialmente, se tomó 33 mg de LE+F y se mezcló con 1 mL de 1,4-dioxano (80%(p/p)), adicionando posteriormente 2.2 mmol de *p*-xililendiamina al 40%, 2.2 mmol de FA al 37% y 0.2 mL de ácido acético. La mezcla resultante se calentó a 60°C durante 4 h con agitación. Al concluir la reacción, se ajustó el pH a 9 con una solución de 2M hidróxido de sodio (NaOH), seguido de un tren de tres extracciones con acetato de etilo (3:1). La solución orgánica obtenida se deshidrato con sulfato de magnesio (MgSO₄) y se concentró utilizando un evaporador rotario a 70°C para eliminar la mayor cantidad de acetato de etilo. El concentrado resultante se secó a temperatura ambiente durante 24 h. Un procedimiento similar se realizó para obtener lignina Klason fenolizada.

Las muestras obtenidas se analizaron por FTIR empleando un espectrómetro FTIR-ATR Perkin Elmer Modelo Spectrum One con una fuente de radiación infrarroja media (4000 a 400 cm^{-1}).

Resultados y Discusión

Los espectros FTIR de LK (línea negra), LK+F (línea roja) y LK+FA se presentan en la Figura 2. En todas se observa una banda centradas $\sim 3400\text{cm}^{-1}$, asociada a una vibración de estiramiento del grupo hidroxilo (-OH). Esta banda es menos intensa en LE (Figura 3). Las bandas en 1510, 1511 y 1512 cm^{-1} , se atribuye a la vibración de estiramiento C=C de los anillos aromáticos, que se presentaron en LK, LK+F y LK+FA, respectivamente. La vibración de estiramiento del grupo metoxi (-CH₃O) se presenta en la señal 1420, 1425 y 1421 cm^{-1} para las tres ligninas. El grupo metoxi es uno de los grupos funcionales más presentes en la estructura de la lignina.

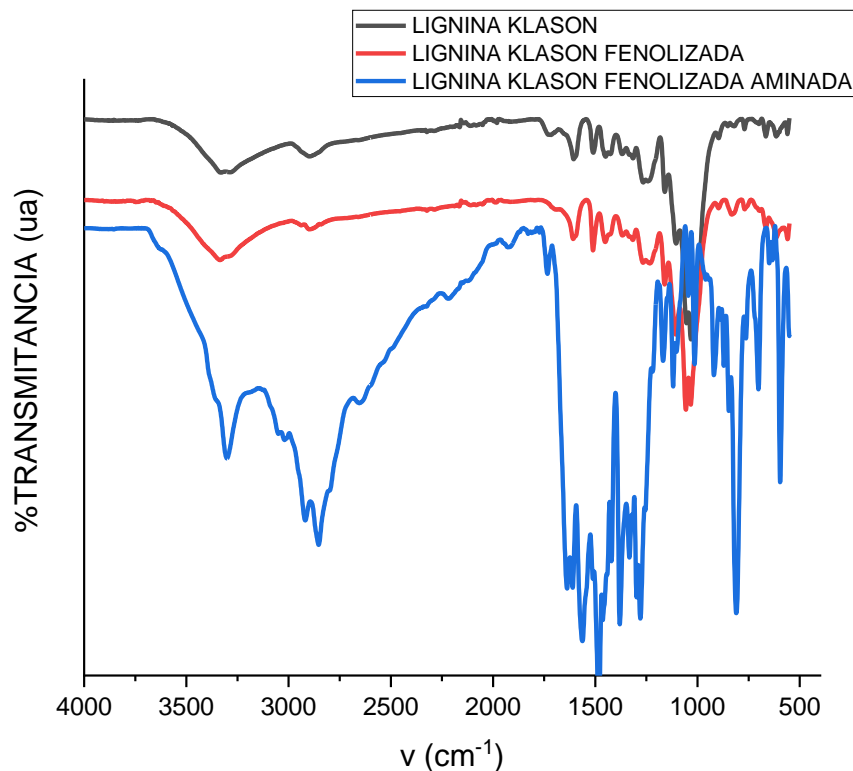


Figura 2. FTIR de la lignina Klason, fenolizada y aminada obtenida de la cáscara de coco.

La presencia de la banda en 1369 cm^{-1} se atribuye al vibramiento de estiramiento de C-H alifático en metil alifático y fenólico para la LK. Las señales en 1333, 1326 y 1333 cm^{-1} se asocian al anillo de la unidad de siringilo para la LK, LK+F y LK+FA, respectivamente. La señal en 1265 cm^{-1} es atribuida a la estructura de la unidad guayacilo, presente en la LK y LK+F. Después de la fenolación, las bandas 1606, 1610 y 1610 cm^{-1} permanecieron presentes que se atribuyen a la vibración de estiramiento del esqueleto aromático, en la LK, LK+F y LK+FA, correspondientemente. Para la LK+F se presenta una señal de poca intensidad en

1333 cm^{-1} indicando la existencia de un sustituyente aromático en posición *para*, indicando una fenolación en la estructura de lignina. La aminación (LK+FA) se puede confirmar por el aumento en la intensidad de los picos en 2917 y 1380 cm^{-1} que se atribuye a la vibración de estiramiento C-H y C-N, respectivamente.

Los espectros de FTIR de LE (línea negra), LE+F (línea roja) y LE+FA se muestran en la Figura 3. La señal en 3361 y 3363 cm^{-1} se atribuye a la vibración de estiramiento del grupo hidroxilo (OH) en estructuras fenónicas y alifáticas. Esto se debe a que la estructura está unida por enlaces éter para LE y LE+F, respectivamente. Un aumento en esta absorción sugiere una mayor presencia de grupos hidroxilo debido a la fenolación realizada. El estiramiento de C-H en los grupos metileno (CH_2) y metilo (CH_3) de las cadenas laterales se observan en 2922 cm^{-1} en la LE.

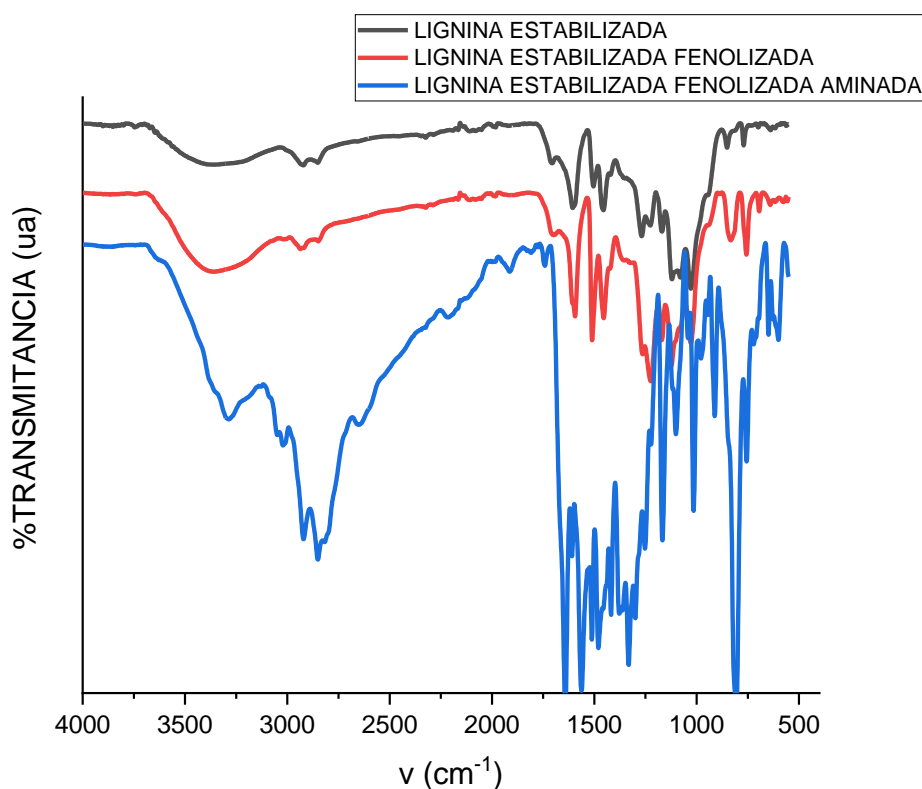


Figura 3. FTIR de lignina estabilizada, fenolizada y aminada obtenida de la cáscara de coco.

Las señales en 1504, 1511 y 1512 cm^{-1} para la LE, LE+F y LE+FA, respectivamente; se atribuyen al vibramiento de estiramiento C=C del anillo aromático, indicando que después de los tratamientos de fenolación y aminación, la estructura aromática se mantiene intacta. La banda en 1362 cm^{-1} se atribuye a al -OH fenólico no eterificado (Shi et al., 2019), el cual resulta de la escisión en el enlace β -O-4. Esta señal no se presenta en LE, sugiriendo que el método de extracción que se utilizó no escindió estos enlaces. En la LE se presenta una banda en 1268 cm^{-1} que se atribuye a la estructura de unidad guayacilo (G) y para LE+F se encuentra en 1266 cm^{-1} . El pico en 1224 cm^{-1} que se encuentra en la LE+F se atribuye a la estructura de unidad siringilo. Su aumento en la intensidad comparada con la LE sugiere que se llevó a

cabo la fenolación. En la LE+F se presenta una señal en 834 cm^{-1} que sugiere el desarrollo de la reacción entre sitios *orto* y *para* del fenol y en los grupos hidroxilo en la cadena lateral. En otras palabras, se llevó a cabo una fenolación exitosa. La reacción de aminación en LE se verificó como a continuación se detalla. El aumento de la señal en 3290 cm^{-1} , sugiere la coexistencia del grupo OH y -NH. Por otro lado, una disminución en 1609 cm^{-1} se atribuye a la vibración C-H aromáticos para la LE+FA (Meng et al. 2020). Aquí, se sugiere que la reacción de Mannich se llevó principalmente en la región aromática de la lignina. La disminución de la señal en 1512 cm^{-1} que se atribuye a la vibración del esqueleto aromático disminuye con respecto a la LE y LE+F, sugiriendo que la introducción de grupos amino se llevó a cabo en el anillo aromático.

Conclusiones.

La lignina obtenida a partir de cáscara de coco fue estabilizada con FA y aminada con *p*-xililendiamina. El análisis FTIR sugiere esta lignina estabilizada, en comparación con la lignina Klason, permite conservar la mayoría de los enlaces β -O-4, lo que indujo a una mayor fenolación y en consecuencia, aumentando la aminación de la lignina.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al apoyo financiero proporcionado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM), a través del Proyecto de Investigación Científica No. 13131.21-P.

Referencias

- Amiri, M. T., Dick, G. R., Questell-Santiago, Y. M., & Luterbacher, J. S. (2019). Fractionation of lignocellulosic biomass to produce uncondensed aldehyd-estabilized lignin. *Nature protocols*, 14(3), 921-954.
- Anderson, E. M., Katahira, R., Reed, M., Resch, M. G., Karp, E. M., Beckham, G. T., & Román-Leshkov, Y. (2016). Reductive catalytic fractionation of corn stover lignin. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(12), 6940-6950.
- Bertella, S., & Luterbacher, J. S. (2020). Lignin functionalization for the production of novel materials. *Trends in Chemistry*, 2(5), 440-453.
- Du, X., Li, J., & Lindström, M. E. (2014). Modification of industrial softwood kraft lignin using Mannich reaction with and without phenolation pretreatment. *Industrial Crops and Products*, 52, 729-735.
- Lan, W., & Luterbacher, J. S. (2019). Preventing lignin condensation to facilitate aromatic monomer production. *Chimia*, 73(7-8), 591-591.
- Matsushita, Y. (2015). Conversion of technical lignins to functional materials with retained polymeric properties. *Journal of Wood Science*, 61(3), 230-250.
- Meng, X., Scheidemantle, B., Li, M., Wang, Y. Y., Zhao, X., Toro-González, M., Singh, P., Pu, Y., Wyman, C., Ozcan, S., Cai, C., & Ragauskas, A. J. (2020). Synthesis, characterization, and utilization of a lignin-based adsorbent for effective removal of azo dye from aqueous solution. *ACS omega*, 5(6), 2865-2877.
- Nikafshar, S., Fang, Z., & Nejad, M. (2020). Development of a novel curing accelerator-blowing agent for formulating epoxy rigid foam containing aminatedlignin. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(34), 15146-15154.
- Schutysse, W., Renders, A. T., Van den Bosch, S., Koelewijn, S. F., Beckham, G. T., & Sels, B. F. (2018). Chemicals from lignin: an interplay of lignocellulose fractionation, depolymerisation, and upgrading. *Chemical Society Reviews*, 47(3), 852-908.

- Shi, Z., Xu, G., Deng, J., Dong, M., Murugadoss, V., Liu, C., Shao, Q., Wu, S., & Guo, Z. (2019). Structural characterization of lignin from *D. sinicus* by FTIR and NMR techniques. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 12(3), 235-243.
- Shuai, L., Amiri, M. T., Questell-Santiago, Y. M., Héroguel, F., Li, Y., Kim, H., Meilan, R., Chapple, C., Ralph, J., & Luterbacher, J. S. (2016). Formaldehyde stabilization facilitates lignin monomer production during biomass depolymerization. *Science*, 354(6310), 329-333.
- Van den Bosch, S., Koelewijn, S. F., Renders, T., Van den Bossche, G., Vangeel, T., Schutyser, W., & Sels, B. F. (2020). Catalytic strategies towards lignin-derived chemicals. *Lignin Chemistry*, 129-168.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DESARROLLO Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BIOPELÍCULA COMESTIBLE A BASE DE EXTRACTO DE ALACHE (*ANODA CRISTATA L. SCHLTDL.*), GLICERINA Y GRENETINA.

B.I. Castro Almendra¹, C.D. Arrieta González¹, E. García Hernández¹ y A. Solano Navarro²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec de Hidalgo, Morelos 62780. México – dirección brendaalmendra.94@gmail.com, cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx, edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx.

² Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional, Ctra. Yautepec-Jojutla, Km.6, calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos, 62731. México – dirección asolano@ipn.mx.

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: La biopelícula es una opción de uso fácil y rápido consumo. Agregarle ingredientes funcionales como el extracto de Alache confiere una característica benéfica al producto que es un efecto prebiótico. Por lo que en el presente trabajo se pretende aprovechar las propiedades que ofrece el extracto de esta planta adicionándolo en un producto alimenticio innovador. Para la elaboración de la biopelícula se realizó una extracción mecánica acuosa y se calentó a temperatura de 70°C durante 30 minutos. Se recuperó el extracto de la materia vegetal y este se integró para poder crear las biopelículas con otros componentes que fueron extracto de betabel, grenetina, glicerina, ácido cítrico como conservador y tres distintos saborizantes: frambuesa, grosella y algodón de azúcar. Las diversas muestras se analizaron mediante una evaluación sensorial utilizando una prueba hedónica de 5 puntos, donde participaron 50 panelistas no entrenados en el rango de edades de 18 a 36 años. Los atributos que se evaluaron fueron el color, sabor, olor, textura y apariencia de las tres diferentes muestras. Los resultados mostraron que hay una mayor preferencia por la muestra BPA3 que fue con el saborizante de algodón de azúcar, en donde se apreció mayor aceptabilidad en cuanto al color, sabor y olor del producto.

Introducción.

El aumento de casos de sobrepeso y obesidad es consecuencia del consumo de alimentos procesados y empaquetados que contienen elevadas proporciones de calorías y que además incluyen aditivos con altos índices de grasas saturadas, azúcares y sales añadidas. Estos productos surgieron de la necesidad de obtener un alimento en el menor tiempo posible, para todas aquellas personas que llevan una vida “acelerada” en las grandes ciudades en donde solo disponen de poco tiempo para poder consumir su dieta del día (Popkin,2020). Se pretende conservar esta misma ideología, pero ahora desarrollando alimentos con ingredientes nutritivos y/o funcionales que satisfagan la misma necesidad y que proporcionen un efecto fisiológico positivo a nuestro organismo. Una propuesta son las biopelículas, capas delgadas formadas por materiales comestibles provenientes de fuentes naturales. Los principales componentes para la formulación de una biopelícula son el biopolímero, el disolvente y el plastificante. Para formular la matriz estructural de la biopelícula se necesitan utilizar componentes de naturaleza polimérica de alta masa molar (Solano *et al.*, 2018). El mucílago es un biopolímero conformado por fibra soluble y constituido principalmente de polisacáridos heterogéneos, además de compuestos fitoquímicos como los flavonoides y cumarinas, este componente se obtiene de una fuente natural vegetal y una de ellas es el alache (Villa, *et al.*, 2020).

Esta planta es un quelite que crece espontáneamente en huertos u agroecosistemas como la milpa (Bernal, *et al.*, 2021). En el presente trabajo se evaluará sensorialmente una biopelícula a base de extracto de alache, extracto de betabel, glicerina, grenetina, ácido cítrico como conservador y variando tres diferentes saborizantes: grosella, frambuesa y algodón de azúcar. Para poder evaluar la aceptación de nuevos productos se aplican pruebas afectivas que determinan la aceptabilidad en cuanto a los atributos de un producto, mediante pruebas hedónicas de cinco puntos que establece si te gusta o te disgusta el producto evaluado (Severiano, 2019).

Sección Experimental.

Materiales

El material vegetal se recolectó de los mercados de Cuautla, Morelos. Una vez obtenido se lavó y desinfectó para eliminar impurezas y/o material extraño que contuviera para evitar la presencia de microorganismos y/o contaminación. El extracto de betabel fue de la marca Healthy Superfoods®. La glicerina utilizada fue de la marca Ma Baker and Chef®. La grenetina utilizada fue de la marca Duche®. Se utilizaron tres diferentes saborizantes, frambuesa, grosella y algodón de azúcar de la marca Deiman®. Por último, como conservador se utilizó ácido cítrico.

Obtención del extracto

Se usó agua destilada como disolvente y se utilizó la relación 1:3 (p/v) entre el material biológico y el disolvente. Se realizó una extracción por lotes en movimiento con el disolvente y el material a temperatura de 70 °C durante 30 minutos. Después se filtró con una malla no. 40 para recuperar el extracto del material vegetal (Vignesh & Nair, 2018).

Formulación de las biopelículas

Para la preparación de las biopelículas se pesaron y midieron los ingredientes que se muestran en la tabla 1, la única variación que se realizó fue el cambio de los saborizantes. Se utilizaron los sabores de frambuesa, grosella y algodón de azúcar. Se realizó la mezcla en un matraz Erlenmeyer con el extracto de mucílago, de betabel y el ácido cítrico. Se dejó en el oscilador marca CRM- OS1 GLOBE® durante 10 minutos. Después se colocó en baño ultrasónico durante 10 minutos a temperatura de 50 °C. La mezcla obtenida se le agregó la grenetina, glicerina y el saborizante y se volvió a dejar en el oscilador durante 10 minutos para continuar en el baño ultrasónico durante 30 minutos a temperatura de 50 °C.

Tabla 1. Formulación de las biopelículas.

Ingredientes	Porcentaje
Extracto de mucílago	87%
Extracto de betabel	0.8%
Ácido cítrico	0.6%
Grenetina	5.1%
Glicerina	5%
Saborizante	1.5%

Para la formación de la biopelícula se utilizó la técnica de aspersión con ayuda de un aerógrafo. La mezcla obtenida se colocó en un aerógrafo y sobre una superficie plana se realizaba la aspersión creando la biopelícula con un grosor de 16 capas cada una y de medidas de 10 cm de largo y 2 cm de ancho. Una vez formada la biopelícula se dejó secar durante 24 horas a temperatura ambiente. Por último, se almacenaron en bolsitas herméticas para su conservación y se dejaron a temperatura ambiente.

Análisis Sensorial

Se llevó a cabo una evaluación sensorial donde participaron 50 panelistas que calificaron los atributos de la biopelícula. La estrategia y puntos clave que se utilizaron para la evaluación sensorial fueron de tipo hedónico. Se adaptó un salón para llevar a cabo la evaluación sensorial. A cada panelista se les entregó el instrumento de evaluación que se puede observar en la figura uno, las muestras (biopelículas) se colocaron sobre platos blancos de cartón y se identificaron mediante códigos, BPF1 (Biopelícula de Frambuesa 1), BPG2 (Biopelícula de Grosella 2) y BPA3 (Biopelícula de Algodón de azúcar 3) y, por último, se les otorgó un vaso con agua purificada para que los panelistas enjuagaran su paladar y les permitiera percibir mejor el sabor de la siguiente muestra.

Hombre: _____ Mujer: _____ Edad: _____

Instrucciones: Frente a usted se encuentran tres productos identificados con una clave como en la tabla derecha. Evalúe sus atributos eligiendo el número de acuerdo a la escala hedónica (1 - 5) mostrada en la parte izquierda del instrumento.

Escala hedónica	
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	Indiferente
2	No me gusta
1	Me disgusta mucho

Clave / Atributos	BPF1	BPG2	BPA3
Color			
Sabor			
Olor			
Textura			
Apariencia			

En general, ¿Cuál de los tres productos te agrada más?, marca con una X la opción de tu mayor agrado.

BPF1	BPG2	BPA3

Comentarios adicionales:

Figura 1. Instrumento de evaluación para las biopelículas.

Análisis de datos

Se procesaron los datos obtenidos mediante el análisis del gráfico de Telaraña de Bernstein mediante los promedios de la escala hedónica de 5 puntos que los jueces calificaron a cada muestra.

Resultados y Discusión.

En total evaluaron 25 hombres y 25 mujeres de edades entre 18 a 36 años. Como se aprecia en la figura dos, la muestra BPA3 fue la que tuvo mayor aceptación en cuanto a todos atributos evaluados. Los evaluadores comentaron que los tres sabores distintos son agradables, aun así, las muestras con el saborizante de

algodón de azúcar tuvo mayor porcentaje de aceptabilidad, diciendo que es una forma innovadora de incluir este saborizante, favoreciendo incluso la estética del producto. Con la técnica de aspersión utilizada para la formación de las biopelículas con 16 capas ayudo a que el producto conservara una textura y apariencia agradable, y que este fue admisible ante el jurado calificador comentando que la percepción en el paladar de la biopelícula fue gomosa y de sensación agradable.

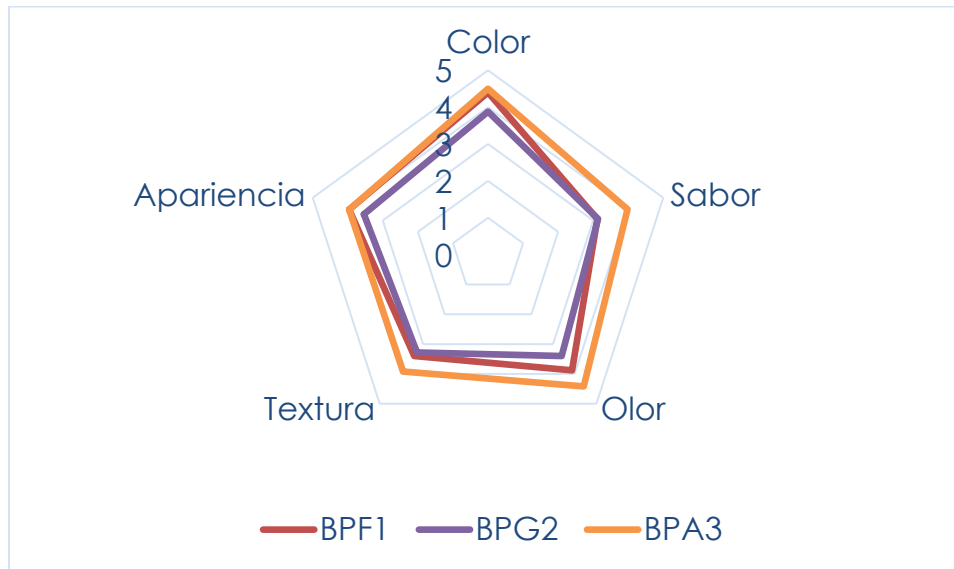


Figura 2. Comparación de las tres formulaciones conforme a los atributos evaluados.

En la figura tres se muestran los porcentajes de aceptabilidad del producto, afirmando que la de mayor porcentaje de aceptabilidad fue la muestra BPA3 con un porcentaje del 70%. El color, sabor y olor son los atributos que más destacaron en esta muestra siendo de mayor agrado a los jueces evaluadores.

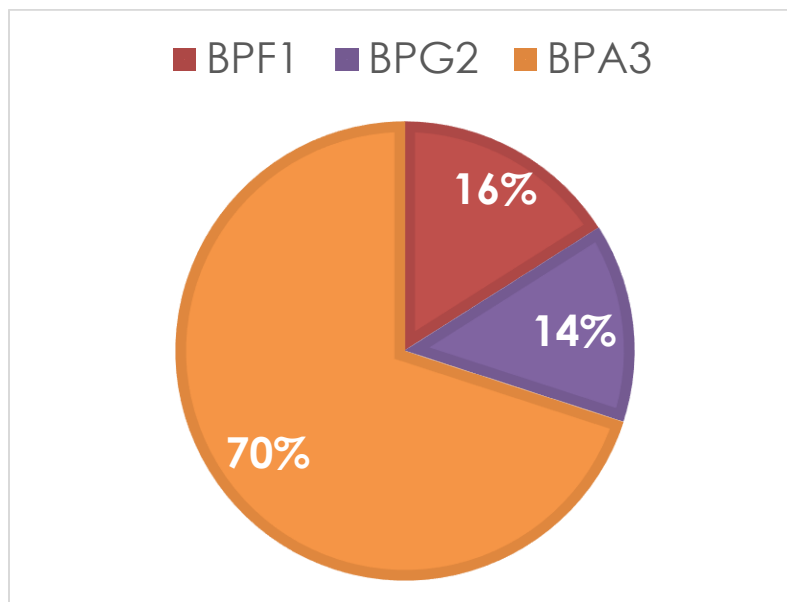


Figura 3. Porcentaje de aceptabilidad de las muestras evaluadas sensorialmente.

Conclusiones.

Actualmente aún continúa la necesidad de desarrollar alimentos y sobre todo que sean nutritivos, que contengan ingredientes de fuentes naturales, sean económicos, que brinden una función fisiológica benéfica y sean de fácil acceso para la población. El producto desarrollado en este trabajo podría cumplir y/o cubrir con las necesidades antes mencionadas, aún faltan más estudios por hacerle al producto, pero tiene el objetivo de ser un alimento con esas características.

Con la evaluación sensorial se obtuvo un primer acercamiento sobre la aceptabilidad que tiene el producto ante los consumidores. Se demostró que el saborizante de algodón de azúcar fue de mayor agradabilidad a los comensales debido a que le brinda un color llamativo al producto y es deleitoso en cuanto a su sabor y olor.

Agradecimientos.

Se extiende un agradecimiento al TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec y al Centro de Desarrollo de Productos Bióticos/IPN por permitir el uso de sus instalaciones para la elaboración de este proyecto.

Referencias.

- Bernal, L., Bravo, D., Feroni, J., Valverde, P. & Rendón, B. (2021). *Efecto de la selección humana sobre los rasgos seleccionados y correlacionados en Anoda Cristata L. Schltdl. (Malvaceae)*. Botanical Sciences. pp. 344.
- Popkin, B. (2020). *El impacto de los alimentos ultraprocesados en la salud*. 2030. Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, No. 34. Santiago de Chile. FAO.
- Severiano, P. (2019). *¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?* Interdisciplina. pp. 47 – 68.
- Solano, L., Beltrán, L. & Jiménez, C. (2018). *Películas y recubrimiento comestibles funcionalizados*. Revista especializada en Ciencias Químico – Biológicas. pp. 30 – 42.
- Vignesh & Nair. (2018). *Extraction and Characterization of mucilage from the leaves of Hibiscus Rosa-Sinensis Linn. (Malvaceae)*. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. pp. 2883 – 2890.
- Villa, D., Osorio, M. & Villacis, N. (2020). *Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos*. Dominio de las Ciencias. pp. 503 – 524.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SiO₂ A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA

L. Cajero-Sotelo¹, M.E. Nicho-Díaz¹, U. León-Silva¹ y M. R. Díaz-Guillén²

¹ Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Ave. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México-
liliana.cajero@uaem.mx, menicho@uaem.mx y ulises.leon@uaem.mx

² Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), Reforma 113, Col. Palmira, C.P. 62490, Morelos, México-mario.diaz@ineel.mx

Área de participación: *BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)*

Resumen: En el presente trabajo se llevó a cabo un método termoquímico para obtener dióxido de silicio (SiO₂) a partir de bagazo de caña, material natural que es a su vez, un desecho de la industria azucarera, dándole así un valor agregado, contribuyendo a la construcción de una economía circular. El bagazo de caña fue pretratado químicamente y las cenizas obtenidas después de calcinación fueron sometidas a procesos ácidos-básicos, con la finalidad de obtener SiO₂ más puro. Los biomateriales obtenidos fueron caracterizados químicamente por la técnica de Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), se observó su morfología mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), así mismo se analizó el contenido de diversos elementos químicos con espectroscopia de luz dispersa (EDS) y se analizaron sus picos máximos de absorbancia mediante espectroscopia de luz ultravioleta y visible (UV-Vis). Los resultados son comparables a los reportados previamente en la literatura. El SiO₂ obtenido podría tener uso para diversas aplicaciones, incluyendo baterías, dispositivos electrocrómicos y protección contra la corrosión.

Introducción.

Dentro los objetivos planteados en la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se encuentran aquellos que están dirigidos a energías más limpias, la sustentabilidad y la acción por el clima (Organización de las Naciones Unidas, 2021). Una de las opciones para contribuir con el logro de estos objetivos es obtener materias primas a partir de fuentes naturales renovables como el bagazo de caña, (Embong et al., 2016), el cual también es un desecho agroindustrial, promoviendo así una economía circular. Por otro lado, el dióxido de silicio, (SiO₂), es un biomaterial que se puede encontrar en diversas plantas y es ampliamente utilizado en varias industrias debido a que puede ayudar a mejorar la resistencia mecánica del material, la estabilidad del polímero, la conductividad así como propiedades optoeléctricas, (Vergara-Juárez et al., 2021). En el presente trabajo se utiliza un método termoquímico para la obtención del SiO₂ a partir de fuentes naturales como lo es el bagazo de caña y, se caracterizaron los materiales resultantes.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

1. Acondicionamiento y tratamiento del material

El bagazo de caña se lavó con agua corriente y se secó a 60°C por 24 h para posteriormente tamizarse con una malla 200. La Figura 1 muestra el aspecto del material lavado y seco.



Figura 1. Bagazo de caña después del lavado y secado.

A continuación, se presenta la metodología que se siguió, (Embong et al., 2016; Vergara-Juárez, 2021; Megawati et al., 2018; Tadesse-Mosisa et al., 2019), para la obtención de óxido de silicio a partir de bagazo de caña. En la Tabla 1, se muestra la matriz experimental que se diseñó para realizar un tratamiento ácido al bagazo de caña, previo a la calcinación. Dicho proceso se llevó a cabo a una temperatura de 95 °C y con un tiempo de reacción de 2 horas.

Tabla 1. Matriz experimental para el tratamiento ácido del bagazo de caña.

No. experimento	Material	Tratamiento ácido 1.0 M
1	Bagazo de Caña	Ácido clorhídrico (HCl)
2		Ácido acético (CH ₃ COOH)

El proceso se llevó a cabo por triplicado. Para el cual, se utilizaron dos diferentes ácidos: un ácido fuerte, el ácido clorhídrico (HCl 1 M) y, un ácido débil, el ácido acético (CH₃COOH 1.0 M), con las condiciones previamente descritas. Para cada experimento se utilizó un peso de 25 g de la fibra y 300 mL de las diferentes soluciones ácidas con una concentración de 1.0 M.

Terminado el tiempo de reacción, el material se filtró utilizando un tamiz de malla 200 para eliminar toda la materia orgánica extraída por la solución ácida.

Posteriormente, el material se colocó en un embudo de porcelana con matraz kitasato, se filtró y lavó con agua hasta pH neutro.

Finalmente, el material se colocó en recipientes de vidrio y se secó en un horno a 60 °C durante 24 h para eliminar toda la humedad residual.

2. Calcinación

Se utilizaron 5 g de bagazo de caña para calcinarse en una cápsula de porcelana, dentro de una mufla a 800 °C por 3 h. Este proceso se realizó por triplicado. Posteriormente, el material calcinado se dejó enfriar a temperatura ambiente y el producto obtenido se pesó para determinar el rendimiento del proceso. En la Figura 2 se observa el aspecto del producto obtenido.



Figura 2. Aspecto final del bagazo de caña sin pretratar, calcinado.

3. Purificación de la sílice mediante solución básica

A continuación, se presentan los pasos que se siguieron para purificar la sílice extraída del bagazo de caña tanto, sin tratamiento y, con tratamientos ácidos.

1. Se pesó 1g de la ceniza obtenida por calcinación y se trató con 75 mL de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 2.5 N a reflujo constante durante 3 h.
2. Pasado ese tiempo, la solución se filtró en caliente y se lavó con 50 mL de agua destilada caliente.
3. La solución filtrada se dejó enfriar a temperatura ambiente y se le adicionó una solución de ácido sulfúrico 2.5 N gota a gota hasta un pH de 2.0.
4. Posteriormente, se le adicionó gota a gota una solución de hidróxido de amonio para llevar la solución a un pH de 8.5. El producto obtenido se dejó reposar por 3 h a temperatura ambiente.
5. Por último, el producto se filtró, se lavó con agua destilada a pH neutro y se secó en un horno por 24 h a 60 °C, posteriormente se pesó para calcular el rendimiento. En la Figura 3 se observa el aspecto final de la sílice purificada.



Figura 3. Aspecto final de la sílice purificada.

4. Purificación de la sílice mediante solución ácida y básica

1. La sílice purificada, se trató con una solución de HCl 6 N a reflujo constante durante 4 h. Posteriormente, la solución se dejó enfriar y el producto se filtró.
2. Entonces, el producto se lavó con abundante agua hasta un pH neutro y se dejó secar en un horno durante 24 h a 60 °C.

3. La sílice tratada en HCl se trató con una solución de NaOH 2.5 N a reflujo constante durante 5 h.
4. Posteriormente, la solución se filtró en caliente y se lavó con 50 mL de agua destilada caliente.
5. Después, a la solución filtrada y fría se le adicionó una solución de H₂SO₄ 2.5 N gota a gota hasta un pH de 7.5-8.0 para precipitar el producto.
6. El producto obtenido se dejó reposar por 3h a temperatura ambiente. Posteriormente, se filtró y se lavó con agua destilada hasta un pH neutro.
7. Por último, el hidrogel se secó en un horno por 24 h a 60 °C y se molió en un molino mecánico de cuchillas.
8. Finalmente se pesó el SiO₂ para obtener el rendimiento final.

5. Caracterización

Los biomateriales obtenidos y la materia prima, el bagazo de caña, fueron caracterizados químicamente por la técnica de espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), se observó la morfología de los seis diferentes SiO₂ resultantes mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), así mismo se analizó el contenido de diversos elementos químicos con espectroscopia de luz dispersa (EDS) y se analizaron sus picos máximos de absorbancia mediante espectroscopia de luz ultravioleta y visible (UV-Vis).

Resultados y Discusión.

En la tabla 2 se presentan los rendimientos obtenidos promedio de las 3 repeticiones, después del lavado de los materiales con los dos diferentes ácidos, se observa una notable extracción de la parte orgánica cuando se utilizó HCl 1 M como pretratamiento.

Tabla 2. Rendimientos obtenidos después de los lavados ácidos

Material	Tratamiento	
	HCl 1.0 M	CH ₃ COOH 1.0 M
Bagazo de caña	57.7%	89.3 %

En la tabla 3 se observan los rendimientos correspondientes al promedio de las 3 réplicas del proceso de calcinación, nótese que cuando se trató con CH₃COOH 1.0 M se obtuvo un poco más de cenizas, sin embargo considerando el porcentaje a partir del bagazo de caña inicial, este aumento no es muy relevante.

Tabla 3. Rendimientos obtenidos después de la calcinación

Material	Tratamiento ácido		
	Sin tratamiento	HCl 1.0 M	CH ₃ COOH 1.0 M
Bagazo de caña	92.7%	91.3%	96.0 %

En la tabla 4 se muestran los rendimientos de la purificación de la sílice utilizando reflujo de NaOH 2.5 N y HCl 6N, los resultados obtenidos son similares, si se

considera que el bagazo de caña tratado con HCl 1.0 M tuvo mayor remoción de materia orgánica.

Tabla 4. Rendimientos obtenidos después de purificación

Material	Tratamiento ácido		
	Sin tratamiento	HCl 1.0 M	CH ₃ COOH 1.0 M
Bagazo de caña	66.6%	56.3%	62.5%

A continuación, en la Figura 5 se presentan los espectros obtenidos por Espectroscopía de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR). En el espectro correspondiente al bagazo de caña antes del proceso de obtención de SiO₂, se pueden observar las señales características del estiramiento simétrico y asimétrico de los H del grupo -CH₂ (2913 cm⁻¹), el estiramiento del H del grupo -OH (3343 cm⁻¹), la vibración del enlace O-H correspondiente a agua adsorbida o presencia de puentes de hidrógeno (1604 cm⁻¹) y los estiramientos del enlace C-O-C (1043 cm⁻¹), todas estas señales propias de la estructura de la celulosa, ver Figura 4.

Así mismo en los espectros correspondientes a los diferentes SiO₂ obtenidos, se presentan bandas de absorción relacionadas al SiO₂, la primera de ellas, corresponde al enlace simétrico del Si-O (809 cm⁻¹) y, la segunda el enlace Si-O-Si (1071 cm⁻¹). Demostrando así la presencia de SiO₂.

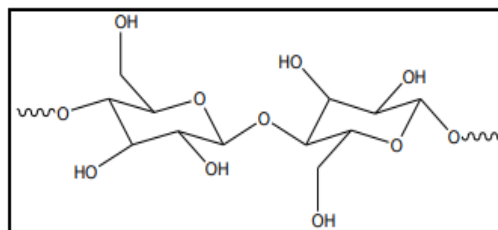


Figura 4. Estructura de la celulosa, se observan los grupos hidroxilos de las unidades de glucosa que forman el polímero.

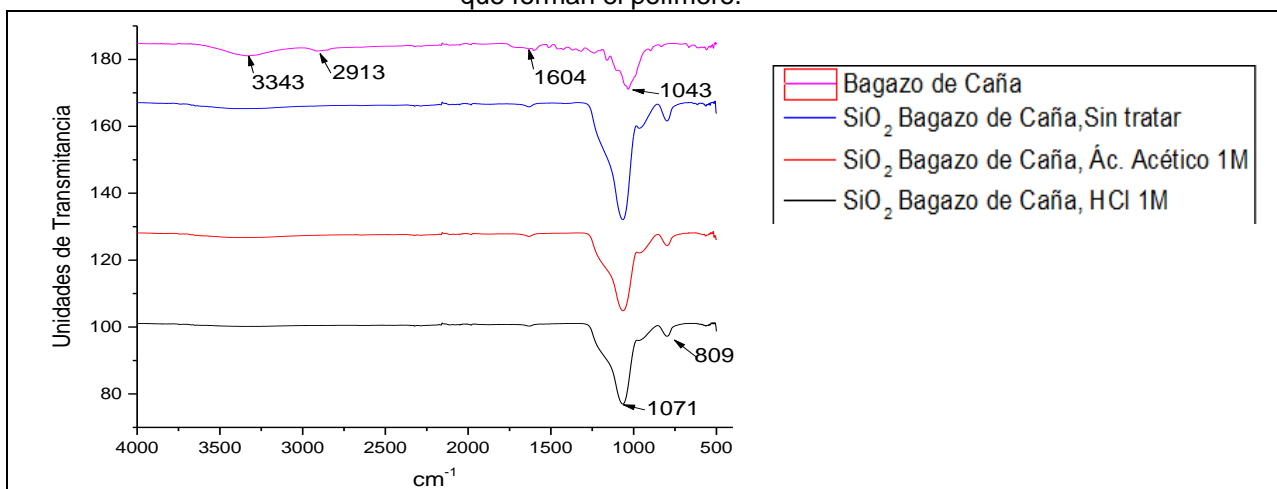


Figura 5. Espectros FTIR de los SiO₂ obtenidos.

En las figuras de la 6 a la 8 se observa la morfología del SiO_2 , mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) con 1000 aumentos. En cada una de las imágenes se puede observar la superficie del grano de SiO_2 , en la cual se presentan aglomeraciones de partículas más pequeñas de SiO_2 así como huecos menores a $10\ \mu\text{m}$ de diámetro.

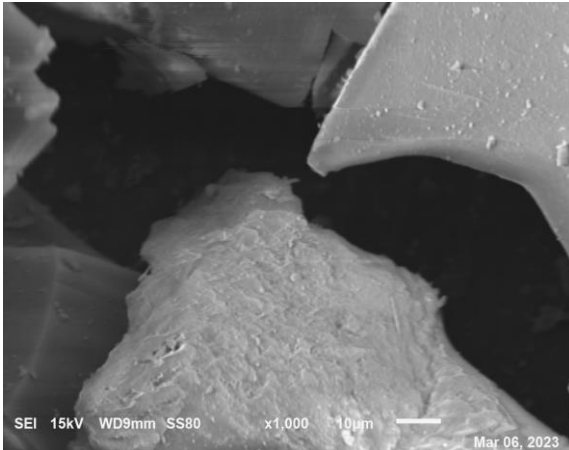


Figura 6. Microscopia de SiO_2 , Bagazo de caña tratado con HCl 1M

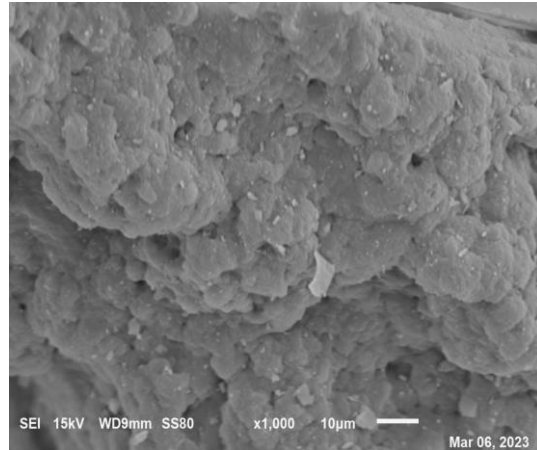


Figura 7. Microscopia de SiO_2 , Bagazo de caña tratado con ácido acético 1M

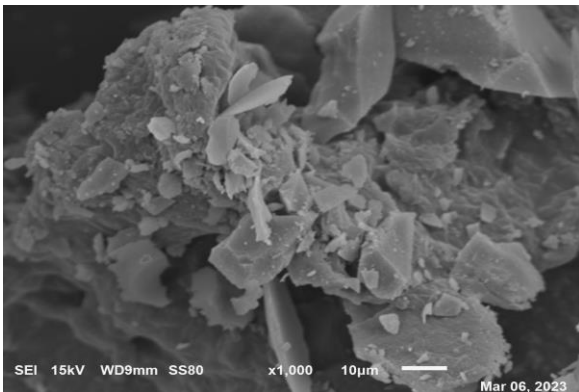


Figura 8. Microscopia de SiO_2 , Bagazo de caña sin tratar

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la espectroscopía de luz dispersa (EDS), mismos que demuestran solo la presencia de los elementos Si y O en relaciones muy similares en cada uno de las muestras obtenidas, sin presencia de algún otro elemento que indique impurezas de algún otro óxido metálico o no metálico.

Tabla 5. Resultados de espectroscopia de luz dispersa (EDS)

Muestra	% mol de O	% mol de Si	Total
SiO ₂ , Bagazo de caña tratado con HCl 1M	56.67 %	43.33 %	100.00 %
SiO ₂ , Bagazo de caña tratado con ácido acético 1M	47.02 %	52.98 %	100.00 %
SiO ₂ , Bagazo de caña sin tratar	58.81 %	41.19 %	100.00 %

Finalmente, en la figura 9 se presentan los espectros adquiridos mediante espectroscopía de luz ultravioleta y visible (UV-Vis), mismos que exhiben tanto un patrón y absorbancias similares, indicando mayor similitud en las absorbancias de las muestras obtenidas sin tratamiento y con tratamiento de HCl 1M.

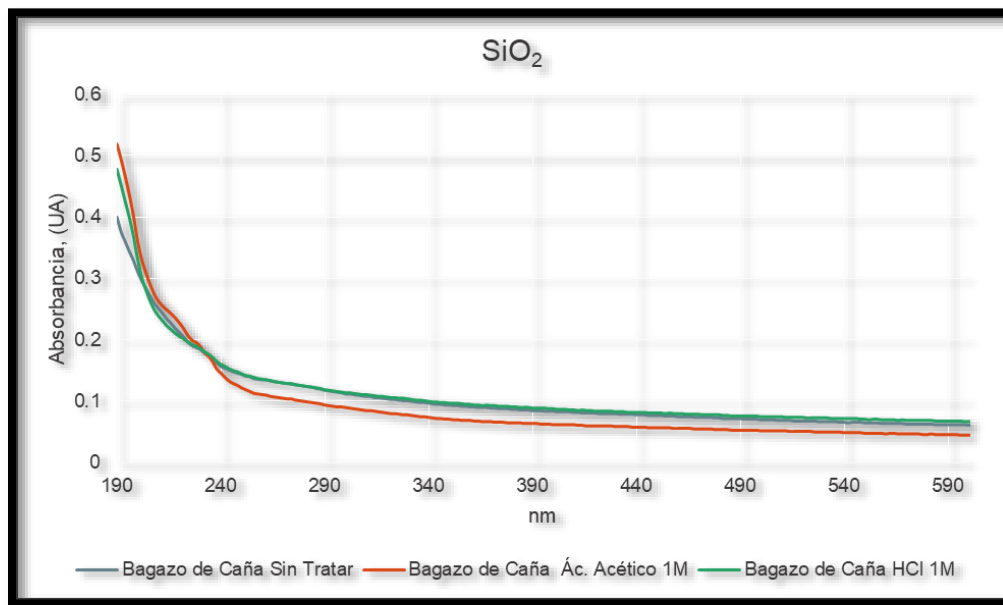


Figura 9. Espectros de UV-Visible de los SiO₂ obtenidos

Conclusiones.

El rendimiento obtenido es comparable con el reportado en la literatura (Embong et al., 2016), y a pesar de que el tratamiento previo del bagazo de caña con HCl 1M promovió la extracción de la parte orgánica de la fibra, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados de las caracterizaciones por FTIR, SEM, EDS y UV-Visible de los diferentes SiO₂ obtenidos a partir de bagazo de caña con o sin tratamientos ácidos previos. El SiO₂ extraído tiene posibles aplicaciones en el área de dispositivos electrocrómicos debido a sus propiedades semiconductoras, (Vergara-Juárez, 2021), así como en protección contra la corrosión, baterías y mejoramiento de propiedades del concreto, entre otras más, (Embong et al., 2016).

Agradecimientos.

Al CONACYT por haber otorgado una beca económica durante el tiempo en el que se llevó a cabo el proyecto.

A la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, campus Zacatepec, por haber apoyado en la realización de los análisis de espectroscopia por FTIR, microscopia electrónica de barrido y espectroscopia de luz dispersa.

Referencias

- Embong, R., Shafiq, N. y Kusbiantoro, A. (2016). "Silica extraction and incineration process of sugarcane bagasse ash (SCBA) as pozzolanic materials: a review", *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, ISSN 1819-6608.
- Megawati, Selvia-Fardhyanti, D., Artanti-Putri, R.D., Fianti, O., Fitriani-Simalango, A., and Estrina-Akhir, A. (2018). "Synthesis of Silica Powder from Sugar Cane Bagasse Ash and Its Application as Adsorbent in Adsorptive-distillation of Ethanol-water Solution", *MATEC Web of Conferences* 237 02002.
- Organización de las Naciones Unidas, (20/Noviembre/2021), <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Tadesse-Mosisa, M., Zereffa, E.A., Ananda-Murthy H.C. and Bekele, E. (2019). "Extraction and Characterization of Bio-Silica from Sugar Cane Bagasse Ash of Wonji Sugar Industry", *Ethiopia. International Journal of Research and Analytical Reviews*, Volume 6, Issue 3: 609-618.
- Vergara-Juárez, F. (2021). "Síntesis y caracterización de compósitos poliméricos a base de P3HT y materiales naturales", UAEM, México, tesis de doctorado.
- Vergara-Juárez, F., Baray-Calderón, A., León-Silva, U. y Nicho-Díaz, M.E. (2021). "Effect of incorporating silica extracted from natural source in poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl)", *Journal of Polymer Research*, <https://doi.org/10.1007/s10965-021-02852-z>.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

GENERACIÓN DE ARMÓNICOS DE RADIACIÓN TERAHERTZ EN SrTiO₃ EN UN RANGO DE TEMPERATURAS

C. Castrejon-M.¹, V. Grymaslky², J. Escobedo-Alatorre², Y. Gomez-Badillo²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- christian.cm@zacatepec.tecnm.mx,²Centro de Investigación en Ingeniería y ciencias Aplicadas (CIICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C. P. 62209, Cuernavaca, Morelos, México- v_grym@hotmail.com, jescobedo@uaem.mx

Área de participación: BIOMATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS (MC)

Resumen: Se investiga teóricamente la generación de armónicos superiores en haces electromagnéticos bidimensionales y tridimensionales de Terahertz en cristales no lineales. Se presta atención a los cristales paraeléctricos como SrTiO₃ a temperaturas de 70 a 200 K, que poseen la no linealidad cúbica. El campo eléctrico de polarización se aplica para proporcionar la no linealidad cuadrática dominante. El enfoque inicial de los haces no solo aumenta la eficiencia de generación de armónicos más altos, sino que también hace posible seleccionar un máximo de diferentes armónicos más altos a algunas distancias de la entrada. A temperaturas más bajas, la no linealidad se comporta con amplitudes de entrada más pequeñas, mientras que, a temperaturas más altas, la generación de armónicos se puede observar a frecuencias más altas hasta 1.5 THz. En los haces tridimensionales, las amplitudes máximas de los armónicos más altos, pueden ser mayores que en los haces bidimensionales, pero las relaciones entre estos valores máximos y los valores máximos del primer armónico enfocado son menores que en los haces bidimensionales.

Palabras clave: haces de onda THz, paraelectricidad no lineal, diferentes temperaturas, generación de armónicos, enfoque inicial.

Introducción.

Se considera la asimilación del rango de terahertz (THz) de 0.1 a 30 THz [1-17], en cristales no lineales, como los ferroeléctricos en la fase no polar se utilizan dieléctricos no lineales en la parte inferior del rango de THz, como los llamados paraeléctricos como SrTiO₃, KTaO₃ [18-40]. El SrTiO₃ posee una alta no linealidad electrodinámica cúbica y bajas pérdidas en la parte inferior del rango de terahertz (THz) 0.1 – 2.5 THz a temperaturas moderadamente bajas de T=60–200 K. Existe la dispersión de frecuencia en el rango de THz cuando la frecuencia está cerca la frecuencia de modo suave, es decir, la frecuencia más baja de oscilaciones del tipo óptico de la red cristalina [19,21-24,27,28,40-42]. En el SrTiO₃, la frecuencia del modo suave disminuye con la disminución de la temperatura, mientras que la no linealidad dieléctrica aumenta [19]. En ausencia de la dispersión de frecuencia en el rango de microondas, la no linealidad da como resultado la generación de armónicos más altos y la formación de ondas electromagnéticas (EM) de choque [29, 30]. La dispersión de la guía de ondas se puede utilizar ahí [31].

Debido a que existe un problema de excitación de la poderosa radiación THz, el fenómeno es interesante e importante en la generación de armónicos más altos [33,39] de ondas EM de entrada a frecuencias relativamente bajas. El campo eléctrico de polarización transversal debe aplicarse para proporcionar la no linealidad cuadrática inducida [29,33]. Anteriormente, se investigó la generación de

armónicos de THz más altos en geometría 2D, o para los haces que dependen de una sola coordenada transversal, a temperatura $T \approx 80$ K [33]. Ahí solo se tuvo en cuenta la no linealidad cuadrática. Se toma en cuenta que las frecuencias de los armónicos más altos están limitadas por la frecuencia del modo suave. A temperaturas más altas, la frecuencia del modo suave aumenta, mientras que la no linealidad disminuye. Por lo tanto, para las necesidades prácticas, es mejor investigar la generación de armónicos más altos en el amplio intervalo de temperatura. En el rango de THz, la disipación en los paraeléctricos aumenta en comparación con el rango de microondas. Una posible forma de compensar las pérdidas es utilizando el enfoque inicial de los haces de onda [33,34,36,37,39]. Por lo tanto, también se deben considerar haces de THz en 3D para generar un mejor enfoque inicial. Bajo la máxima concentración de energía EM en el caso 3D, el rol de la no linealidad cúbica puede ser esencial en comparación con el caso 2D, así como la auto acción debido a la generación del armónico cero. La no linealidad cúbica da como resultado tanto la influencia en la generación de armónicos superiores como en la auto acción.

El presente documento está dedicado a las investigaciones teóricas de la generación de armónicos superiores de ondas EM de THz en cristales paraeléctricos como SrTiO₃ en el amplio rango de temperatura $T=60-200$ K. El campo eléctrico de polarización se aplica para proporcionar la no linealidad cuadrática dominante. También se tienen en cuenta los términos debidos a la no linealidad cúbica. Se considera tanto la focalización de haces 2D, o planos, como 3D, o cilíndricos. A temperaturas más bajas, la no linealidad dieléctrica es mayor, pero el rango de frecuencia posible es menor debido a la disminución de la frecuencia del modo suave. A temperaturas más altas es posible aumentar el rango de frecuencia. Se demuestra que la no linealidad cúbica no es importante en el enfoque de haces 2D, pero sí lo es en el enfoque extremo de haces 3D.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Las simulaciones de la generación de armónicos superiores en el cristal no lineal de SrTiO₃ se han realizado bajo diferentes temperaturas, tanto en geometrías 2D como 3D. Se ha obtenido que la no linealidad cúbica pura sin el campo eléctrico de polarización no es efectiva para esta generación. Existe el valor óptimo del campo eléctrico de polarización $E_s \approx (0.2-0.4)E_n$ para realizar la generación de armónicos superiores. A valores más pequeños, la no linealidad cuadrática inducida es pequeña, mientras que a valores más altos $E_s \geq 0.5E_n$ se genera la saturación de la no linealidad y la eficiencia de la generación no aumenta. Para todos los casos considerados a continuación se elige $E_s = 0.3E_n$ donde E_n es el campo eléctrico no lineal característico bajo cada temperatura. La longitud del cristal no lineal es $L_z = 0.5$ cm. Los parámetros del cristal no lineal, a diferentes temperaturas se dan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros del cristal no lineal, a diferentes temperaturas.

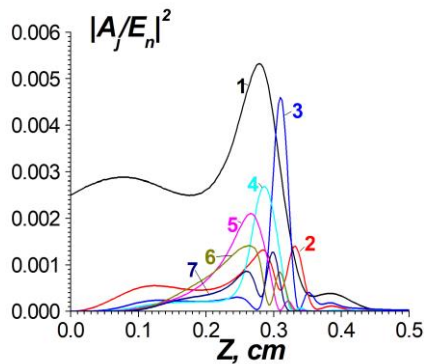
T, K	$\varepsilon(0)$	$\omega_T, 10^{12} s^{-1}$	$\gamma, 10^{11} s^{-1}$	$E_n, 10^4 V/cm$
--------	------------------	----------------------------	--------------------------	------------------

60	4000	5	2.5	2.1
77	2000	6	2	6
150	700	12	3	29
200	500	15	4	48

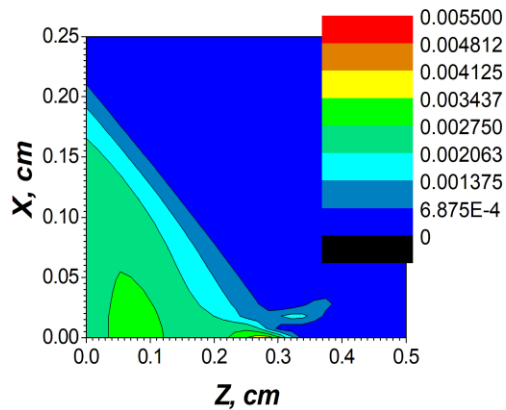
Las simulaciones numéricas han sido proporcionadas por los esquemas implícitos de diferencias finitas [46]. Se han aplicado varias iteraciones que demuestran una buena convergencia. Las simulaciones han demostrado una posibilidad de generación de armónicos superiores con los números $n \geq 5$, es decir, la multiplicación de frecuencia, o conversión ascendente de frecuencia, en todo el intervalo de temperatura $T=60-200$ K.

Resultados y Discusión.

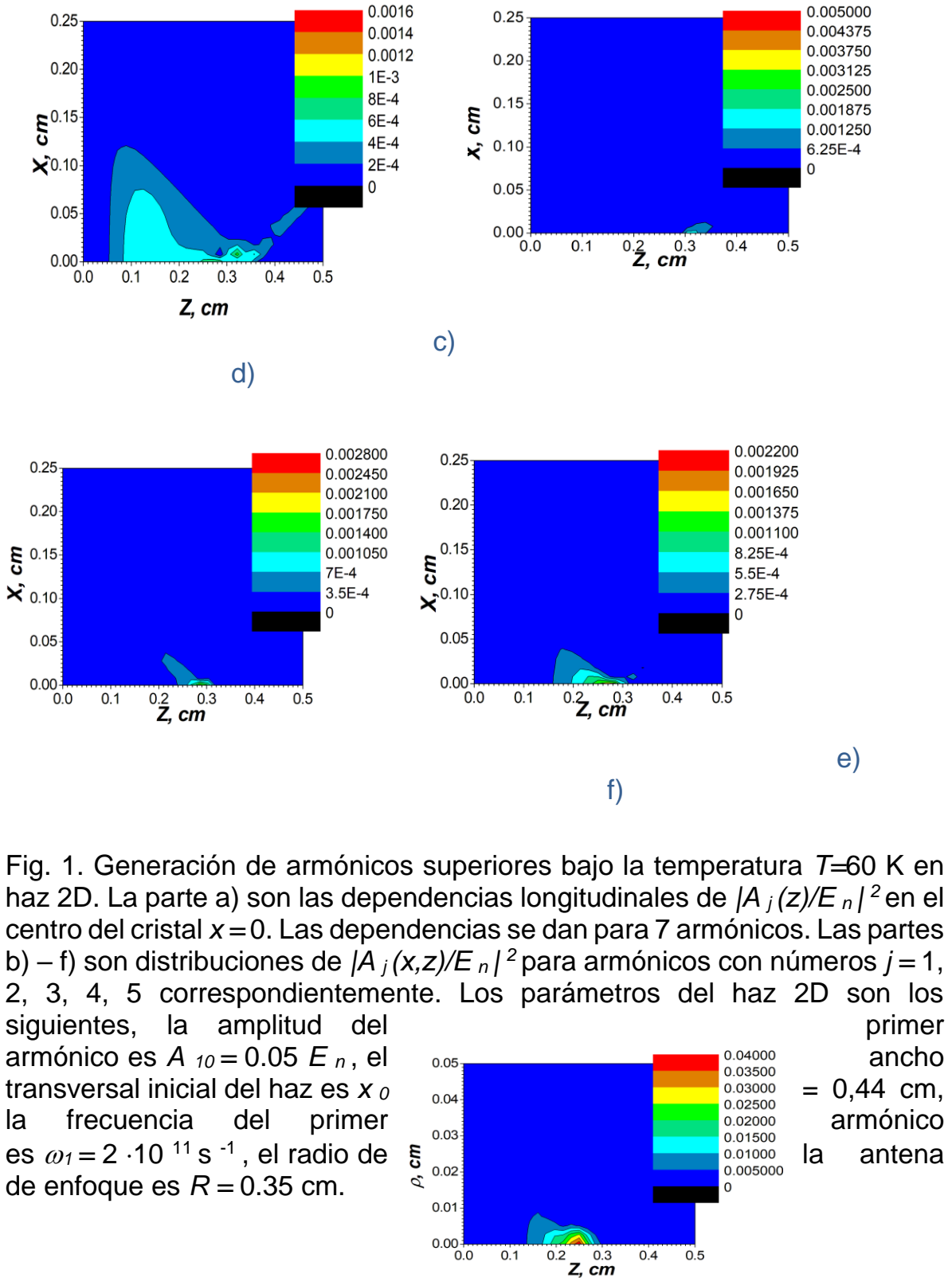
Los resultados típicos de las simulaciones se presentan en las Figs. 1-5. Se ve que en los haces enfocados en los máximos de diferentes armónicos superiores se realizan a diferentes distancias de la entrada del cristal.



a)



b)



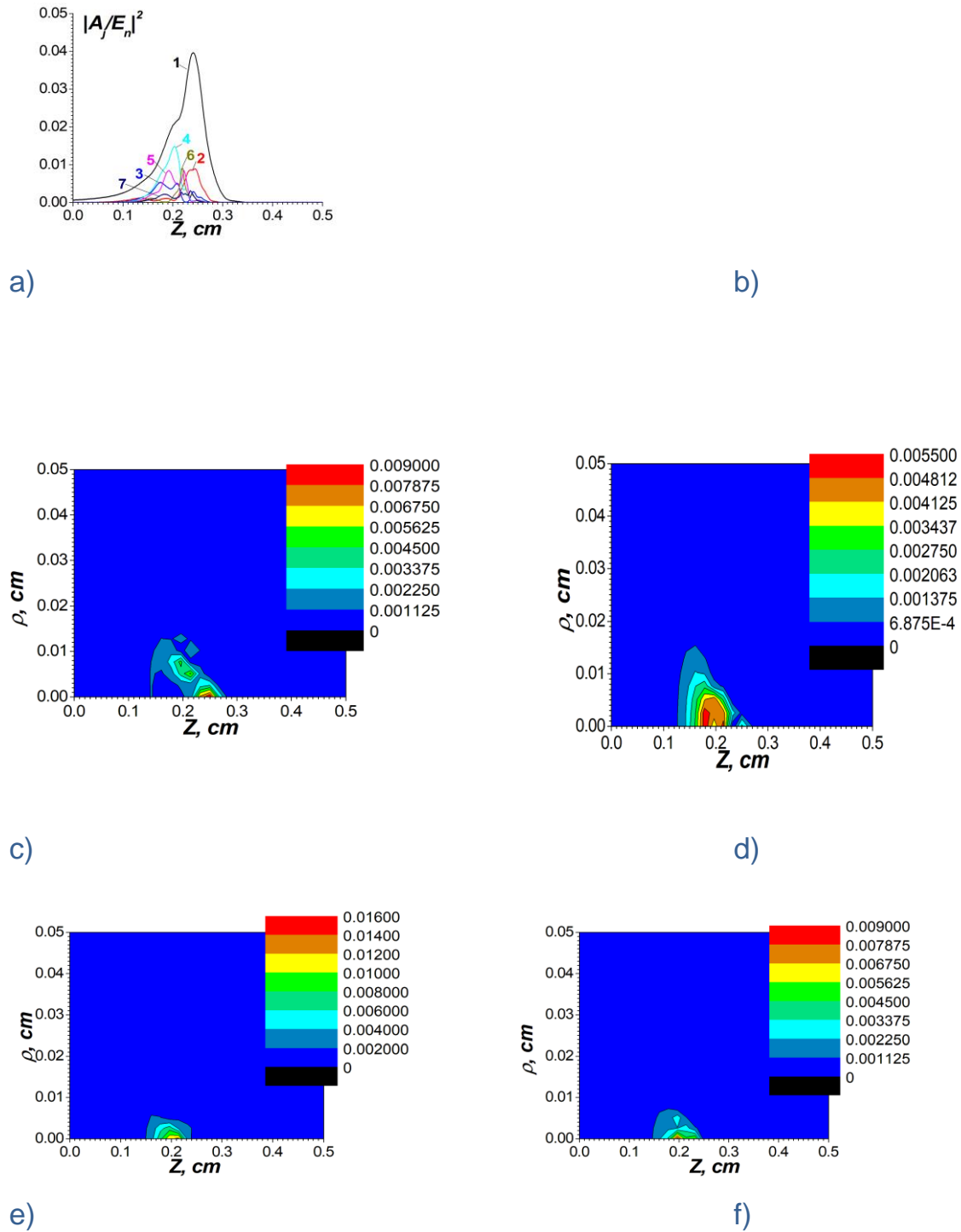
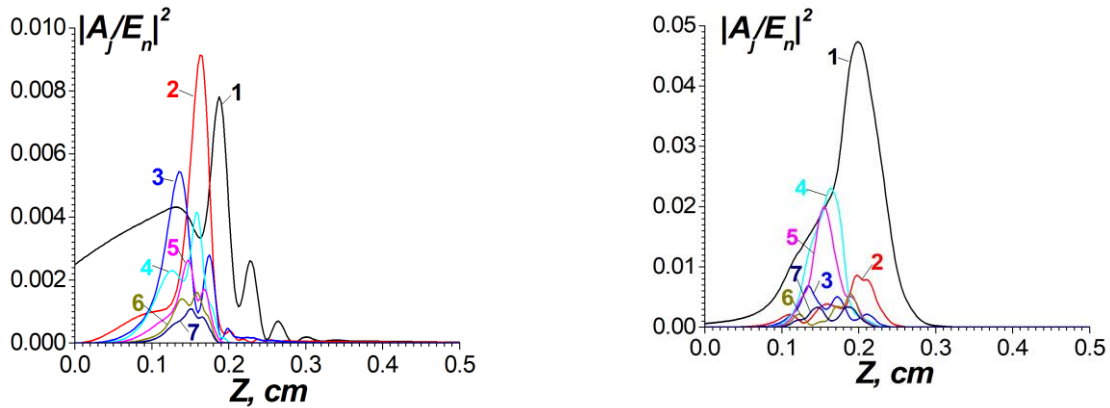


Fig. 2. La generación de armónicos superiores bajo la temperatura $T = 60$ K en haz 3D. La parte a) son las dependencias longitudinales de $|A_j(z)/E_n|^2$ en el centro del cristal $\rho=0$. Las partes b) – f) son distribuciones de $|A_j(x,z)/E_n|^2$ para armónicos con números $j = 1, 2, 3, 4, 5$ correspondientemente. Los

parámetros del haz 2D son $A_{10} = 0.025 E_n$, $\rho_0 = 0,44 \text{ cm}$, $\omega_1 = 3 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$, el radio de la antena de enfoque es $R = 0.3 \text{ cm}$.

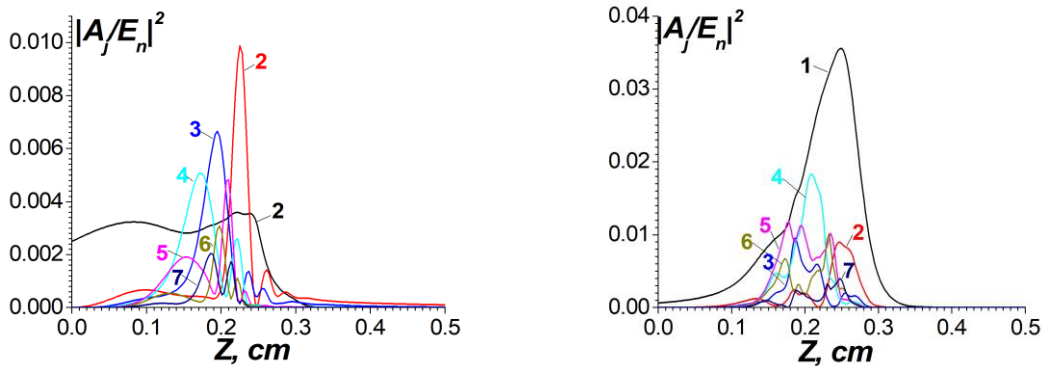
A temperaturas más bajas, la no linealidad es mayor, por lo que las amplitudes de entrada de los primeros armónicos pueden ser bastante más bajas, de alrededor de 1 kV/cm. Pero las frecuencias más altas que se pueden obtener con la conversión ascendente son de alrededor de 0.5 THz. A su vez, a temperaturas más altas es posible excitar las frecuencias hasta $f \approx \omega/2$, $\pi = 1.5 \text{ THz}$.



a)

b)

Fig. 3. La generación de armónicos superiores bajo la temperatura $T = 77 \text{ K}$. Las dependencias longitudinales de $|A_j(z)/E_n|^2$ en el centro del cristal se dan. La parte a) es para haz 2D, la parte b) es para haz 3D. Los parámetros de las vigas son $A_{10} = 0.05 E_n$ para viga 2D y $A_{10} = 0.025 E_n$ para haz 3D, $x_0 = \rho_0 = 0,44 \text{ cm}$, $\omega_1 = 4 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$, el radio de la antena de enfoque es $R =$

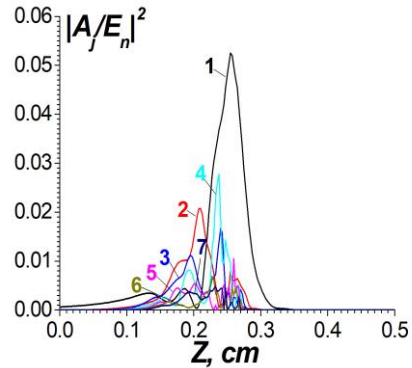
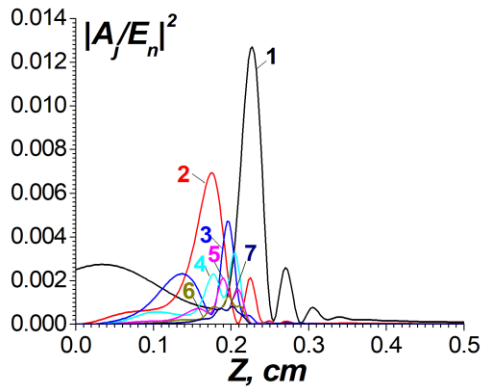


0.28 cm.

a)

b)

Fig. 4. La generación de armónicos superiores bajo la temperatura $T = 150$ K. Las dependencias longitudinales de $|A_j(z)/E_n|^2$ en el centro del cristal se dan. La parte a) es para haz 2D, la parte b) es para haz 3D. Los parámetros de las vigas son $A_{10} = 0.05 E_n$ para viga 2D y $A_{10} = 0.025 E_n$ para haz 3D, $x_0 = \rho_0 = 0,44$ cm, $\omega_1 = 6 \cdot 10^{11}$ s⁻¹, el radio de la antena de enfoque es $R = 0.3$ cm.



a)

b)

Fig. 5. La generación de armónicos superiores bajo la temperatura $T = 200$ K. Las dependencias longitudinales de $|A_j(z)/E_n|^2$ en el centro del cristal se dan. La parte a) es para haz 2D, la parte b) es para haz 3D. Los parámetros de las vigas son $A_{10} = 0.05 E_n$ para viga 2D y $A_{10} = 0.025 E_n$ para haz 3D, $x_0 = \rho_0 = 0,44$ cm, $\omega_1 = 1 \cdot 10^{12}$ s⁻¹, el radio de la antena de enfoque es $R = 0.3$ cm.

De nuestras simulaciones se ve que la concentración de la energía cerca del foco es naturalmente mayor en los haces 3D. Por esta razón, en haces 2D la influencia de la no linealidad cúbica y el armónico cero no es esencial. En haces 3D, esta influencia debe tenerse en cuenta generalmente, porque cerca del máximo de enfoque, el valor de la amplitud del primer armónico se vuelve comparable con el valor del campo eléctrico de polarización. El uso de haces 3D permite aumentar los máximos de armónicos más altos en comparación con los haces 2D, pero los valores relativos de estos máximos son menores en los haces 3D.

Debido a que el valor de la temperatura del cristal es el parámetro importante para realizar la multiplicación de frecuencia, es mejor utilizar los pulsos de entrada de duraciones $< 1 \mu\text{s}$ para evitar el calentamiento de los cristales.

Conclusiones.

En la parte inferior del rango de terahertz en los cristales paraeléctricos no lineales como SrTiO_3 es posible observar la generación de armónicos más altos y así realizar la conversión ascendente de frecuencia. El SrTiO_3 paraeléctrico cristalino posee la no linealidad dieléctrica cúbica, por lo que para aumentar la eficiencia de la generación de armónicos, es bastante mejor aplicar el campo eléctrico de polarización y obtener la no linealidad cuadrática inducida. En el rango de THz tiene lugar la dispersión de frecuencia, por lo que el número de armónicos es grande pero finito, de unos 10 - 20. El enfoque inicial de los haces por parte de la antena circular da como resultado no solo una mayor eficiencia de generación, sino que también hace posible seleccionar el máximo de diferentes armónicos a distancias especificadas de la entrada.

La generación de armónicos más altos se puede realizar en el amplio rango de temperatura de 60 a 200 K. A temperaturas más bajas, las frecuencias posibles son más pequeñas, de alrededor de 0.5 THz, pero la no linealidad es mayor. A temperaturas más altas, la conversión ascendente de frecuencia se puede observar hasta frecuencias de alrededor de 1.5 THz.

Se pueden utilizar haces enfocados tanto planos como cilíndricos para generar armónicos. En las vigas cilíndricas los máximos absolutos de armónicos pueden ser mayores que en las planas, pero las relaciones de estos máximos a los del primer armónico son menores en las vigas cilíndricas. La influencia de la no linealidad cúbica y el armónico cero es esencial en los haces cilíndricos debido a los altos valores del primer armónico enfocado.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la SEP-CONACyT (México) por el apoyo parcial a nuestro trabajo

Referencias

- Biswas, A., Banerjee, A., Acharyya, A., Inokawa, H., Roy, JN (eds.) Emerging Trends in Terahertz Solid-State Physics and Devices Sources, Detectors, Advanced Materials, and Light-Matter Interactions. Springer, Nueva York (2020) <https://doi.org/10.1007/978-981-15-3235-1>
- Carpintero, G., Garcia Muñoz, LE, Hartnagel, HL, Preu, S., Räsänen, AV (eds.) Semiconductor Terahertz Technology Devices and Systems at Room Temperature Operation. Wiley, Nueva York (2015)
- Bründermann, E., Hübers, H.-W., Kimmitt, MF: Técnicas de terahercios. Springer, Nueva York (2012) <https://doi.org/10.1007/978-3-642-02592-1>
- Ho-Jin Song, Nagatsuma T. (eds.) Manual de tecnologías de terahercios. Dispositivos y Aplicaciones. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL (2015) ISBN-13: 978-981-4613-09-5
- Jae-Sung Rieh.: Introducción a la electrónica de terahercios. Springer, Nueva York (2021) <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51842-4>
- Choudhury, B., Rakesh, AM, Jha, M.: Metamaterial activo de terahercios para aplicaciones biomédicas. Springer, Nueva York (2016). <https://doi.org/10.1007/978-981-287-793-2>
- Ganichev, SD, Prettl, W.: Excitación intensa de terahercios de semiconductores. Universidad de Oxford. Prensa, Oxford (2006)

- Kolejčka, P., Postava, K., Mičica, M., Kužel, P., Kadlec, F., Pištora, J.: Compensación experimental de cambio de fase de Gouy en espectroscopia de dominio de tiempo de terahercios. *Fotón. Nanoestructura. Aplicación de Fundamentos* 31, 129–133 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.photonics.2018.06.011>
- Dexheimer, SL: Principios y aplicaciones de la espectroscopia de terahercios. CRC Press, Boca Ratón, CA (2008). <https://doi.org/10.1080/00107510903201200>
- O'Sullivan, C., Murphy, JA: Guía de campo para fuentes, detectores y ópticas de terahercios. Prensa SPIE, Bellingham, WA (2012)

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

PLATAFORMA DE GESTIÓN Y DIFUSIÓN ESPECIALIZADA DE EVENTOS TÉCNICO - CIENTÍFICOS

J. M. Cuin-Jacuinde, J. G. Ramos-Díaz, J. J. Ruíz-Lagunas y R. Lara-Bárceñas

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, Avenida Tecnológico No. 1500, Col. Lomas de Santiaguito, Morelia, Michoacán, México- jose.cj@morelia.tecnm.mx, jose.rd@morelia.tecnm.mx, juan.rl@morelia.tecnm.mx, ruben.lb@morelia.tecnm.mx | Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, Avenida Tecnológico No. 1500, Col. Lomas de Santiaguito, Morelia, Michoacán, México

Área de participación: *DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)*

Resumen: La presente propuesta de Plataforma de gestión y difusión especializada de eventos técnico - científicos, representa una alternativa de solución ante la necesidad de las instituciones y organizaciones que generan, divulgan y comparten conocimiento, de contar con una herramienta confiable y accesible para la gestión de eventos técnico – científicos, desde etapas iniciales como son el registro del evento, programación y calendarización de subeventos, hasta el registro de participantes y control de asistencia, así como etapas posteriores con base en las cuales, tomando como insumo el desarrollo de los eventos, sea posible la conformación de una base de datos que puedan utilizarse como fuentes confiables para llevar a cabo análisis de información que coadyuven a la realización de labores de fortalecimiento y divulgación del conocimiento entre las comunidades científicas y académicas, mediante la emisión de recomendaciones basadas en áreas de interés y preferencias de quienes de manera regular asisten o tienen interés en la realización de dicho tipo de eventos.

Introducción

Desde el surgimiento y la proliferación de eventos técnicos científicos que son llevados a cabo de manera recurrente por diversas instituciones a nivel nacional, ha quedado de manifiesto la necesidad de contar con herramientas adecuadas que permitan la ejecución de los procesos de registro y administración de eventos técnico - científicos de manera adecuada.

Ante dicho contexto, las instituciones que llevan a cabo dichos eventos han recurrido al uso de tecnologías que resuelven sus necesidades de manera parcial, impactando esto de manera negativa en la generación y aprovechamiento de información valiosa sobre eventos y participantes, la cual representa un insumo indispensable para el análisis de patrones de comportamiento que permitan planear de manera efectiva eventos futuros.

Antecedentes

Al día de hoy, la organización de eventos técnico – científicos mediante el uso de herramientas tecnológicas ha sido una labor artesanal, en el sentido de que las organizaciones que llevan a cabo estas labores se han valido del uso de herramientas de ofimática diseñadas para otros fines.

En el mejor de los casos, las instituciones organizadoras tienen la posibilidad de pagar a empresas especializadas para el desarrollo de plataformas de gestión de eventos, generando con ello la necesidad de trasladar un porcentaje de dichos

costos a los asistentes, quienes deben pagar altas cuotas con el propósito de contar con un foro adecuado para la generación de sus ideas.

Por otro lado, hoy en día, existen plataformas como Eventbrite que permiten su utilización mediante el pago de licencias de uso a veces inalcanzables para organizaciones sin fines de lucro.

Marco teórico

Hoy en día, la existen muy pocos estudios que demuestren la importancia de la realización de eventos técnico – científicos, así como la repercusión que estos tienen para la generación o el fortalecimiento del conocimiento, ya que a menudo se les considera como eventos de corte social que poco o nada aportan a la ciencia, más allá de ser vitrinas en las que se exponen los resultados de estudios realizados sobre distintos campos.

Sin embargo, nada dista más de la realidad que dicha aseveración, ya que como bien lo establece Angulo (s.f.), la importancia de los eventos académicos y científicos enfocados a la creación y socialización del conocimiento recae en la posibilidad de brindar a sus participantes un espacio adecuado que fomente el intercambio de avances e ideas, que a su vez promueven la creación de debates que sirven como punto de partida para facilitar el análisis y adopción de enfoques de trabajo distintos sobre determinados campos de estudio, dando paso con ello a un ejercicio de construcción de nuevo conocimiento.

Con base en estudios realizados por la Universidad de Murcia en España, Ruíz-San (2007) concluye que la utilidad de la realización de eventos técnico – científicos, en particular congresos, queda de manifiesto ya que estos constituyen el punto de partida para la publicación de revistas científicas, las cuales se han convertido en medios de divulgación especializados.

Como bien lo menciona Angulo (s.f.), los congresos potencian el desarrollo y generación de conocimiento científico al facilitar el encuentro de investigadores con intereses en común, quienes comparten ideas y argumentos respecto a sus hallazgos.

A pesar de lo anteriormente dicho, las instituciones que hoy en día llevan a cabo la organización de dichos eventos, se ven confrontados con la realidad en el sentido de que la mayoría de ellas no cuenta con las herramientas tecnológicas adecuadas para la administración de los mismos, al grado en el que se suelen recurrir aplicaciones de ofimática como Microsoft Excel, o bien, aplicaciones web como Google Forms, buscando subsanar la carencia de plataformas especializadas para dichas labores.

Cabe mencionar también, que hoy en día se pueden encontrar algunas aplicaciones y servicios en internet que brindan la posibilidad de administrar eventos de todo tipo. Quizá la plataforma de mayor relevancia hoy en día es Eventbrite, la cual permite

administrar la logística de eventos de todo tipo (Eventbrite, 2021), sin embargo, los costos de la renta de dicha plataforma, podrían resultar restrictivos para organizaciones sin fines de lucro, impactando de manera negativa en quienes buscan foros para la difusión de ideas.

Por otro lado, es importante señalar que la difusión sobre la existencia de dichos eventos, se encuentra actualmente limitada a la generación de carteles impresos o digitales que en muchas ocasiones carecen del impacto deseado al no llegar al público objetivo, o bien, llegar al mismo de manera limitada. Por tal motivo, y con el objetivo de superar dicho acotamiento, resulta por demás deseable que el proceso de difusión sea realizado de manera automática en función de las preferencias y áreas de interés de quienes a través del tiempo han participado, o al menos, mostrado interés en eventos similares.

Resultados y Discusión

El pasado mes de octubre de 2022, el Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Morelia llevó a cabo la edición 2022 del Congreso Multidisciplinario de las Ingenierías Tékhne 2022 Innovación y Emprendimiento, con la participación activa de más de un mil 500 quinientos estudiantes y ponentes y profesores, quienes durante 2 semanas de intensa actividad académica, abordaron temas competentes a sus áreas de estudio.



Figura 1. Convocatoria Tékhne 2022.

Para la realización de dicho certamen, a diferencia de ediciones anteriores, el Instituto contó con la implementación de la versión beta de la Plataforma de Eventos Técnico – Científicos PETeC como herramienta de gestión del evento, pudiendo con ello automatizar tareas primordiales como son: creación de programa del congreso, control del registro de asistentes, elaboración de reportes estadísticos y creación automática de reconocimientos de asistencia al evento, obteniendo con ello múltiples ventajas en relación a la utilización de tecnologías alternativas como los formularios de Google o Microsoft, los cuales requieren por su naturaleza, la intervención de personal destinado específicamente para el control de la apertura y

cierre de los procesos de inscripción, agregando con ello una innecesaria carga administrativa para quienes organizan dicho tipo de certámenes.

Cabe resaltar también, que otra de las ventajas obtenidas tras la implementación de dicha plataforma, fue la centralización y con ello, la agilización de los procesos de análisis de datos requeridos por el cuerpo directivo del plantel para la generación de reportes de informes de resultados, pues a diferencia de ocasiones anteriores, en las que solicitaba a cada uno de los miembros del comité organizador las cifras de asistencia, en este certamen dichas cifras se obtuvieron directamente de la plataforma, agilizando con ello la obtención de información valiosa de manera oportuna.



Figura 2. Página de inicio PETeC.

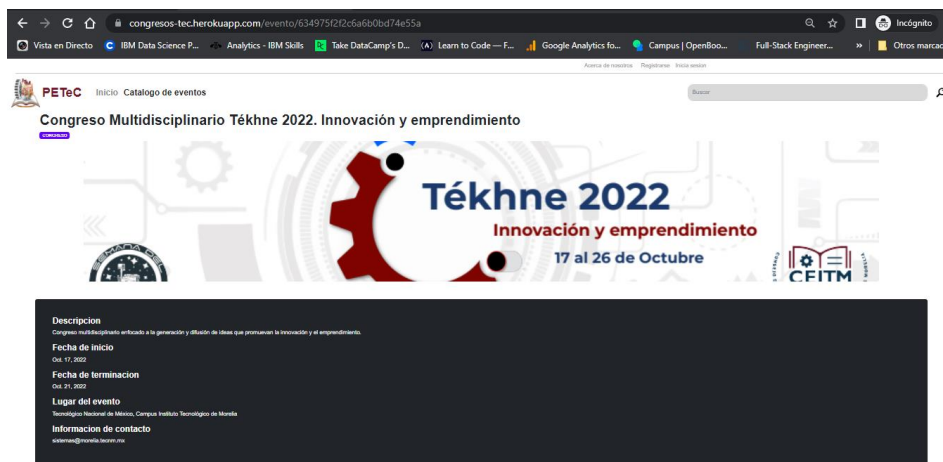


Figura 2. Micrositio Tékhne dentro del sistema PETeC.

Es importante recalcar que la plataforma se encuentra compuesta de 4 módulos esenciales, los cuales hacen posible que la gestión de los eventos se lleve a cabo de manera automatizada.

Dichos módulos se esquematizan a continuación:



Figura 3. Módulos de la plataforma PETeC.

El módulo de registro de eventos es aquel que permite la creación y registro de eventos dentro de la plataforma. El módulo de estadística está pensado para la generación de reportes tabulares descriptivos sobre aspectos como la asistencia a los eventos y subeventos, el número de subeventos, los cuales suelen ser utilizados para la generación de informes ejecutivos. El módulo de comunicación engloba la emisión de correos electrónicos asociados al registro de eventos y subeventos, así como a la gestión de la comunicación con el usuario final.

El módulo de reconocimientos se encuentra diseñado para la emisión de reconocimientos y/o diplomas de participación en los eventos. Finalmente, el módulo de administración permite la creación de eventos, subeventos y catálogos que son usados por los primeros y segundos para otorgar contexto a los eventos académicos que se registran actualmente en la plataforma.

Conclusiones

Las conclusiones obtenidas a partir de la implementación de la versión beta de la plataforma PETeC, pueden resumirse en las siguientes:

- En un contexto de austeridad generalizada en la operación de los distintos organismos públicos, resulta indispensable para los Institutos Tecnológicos, contar con herramientas que les permitan automatizar las tareas concernientes a la organización y ejecución de eventos académicos y científicos como medio para lograr la optimización del recurso económico y humano.
- Contar con herramientas como PETeC ha permitido, a juzgar por los resultados obtenidos tras la implementación de su versión beta, eficientizar los trabajos requeridos para la realización de eventos académicos al grado de prescindir de la utilización del recurso humano para la administración de tareas rutinarias como el monitoreo y control del proceso de inscripción y generación de reconocimientos de participación.
- Si bien este primer ejercicio fue un éxito en términos de implementación y optimización de tiempo y recurso, el potencial del uso de la plataforma no se ha explotado por completo, ya que una de sus funcionalidades es la conformar una base de datos sobre la que se puedan aplicar estrategias de análisis y minería como insumo de información para la realización e incluso

reedición de eventos futuros con base en las preferencias de participantes, organizadores y ponentes.

Agradecimientos

El grupo de profesores investigadores y desarrolladores de la presente propuesta, hacemos extenso el agradecimiento a las autoridades directivas del Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Morelia por su apertura, disposición e impulso para el desarrollo de todas aquellas propuestas de desarrollo tecnológico e innovación que permitan ofrecer a su alumnado una mejor experiencia de aprendizaje.

Referencias

- Angulo, N. (s.f.). La importancia de los congresos y reuniones académicas como fuente de información para la innovación y la generación del conocimiento. Extraído de: <https://www.repo-ciie.dfie.ipn.mx/pdf/707.pdf> 05 de enero de 2022
- Eventbrite, (<https://www.eventbrite.com.mx/organizer/overview/>). Extraído el 05 de enero de 2022
- Ruíz-San, C. & Meroño-Cerdán, A. (2007). Utilidad de los congresos científicos en la difusión Del conocimiento: percepción del investigador español en Economía de la Empresa. Extraído de <http://www.cyta.com.ar/ta0602/v6n2a1.html> 05 de enero de 2022

Autorización y renuncia

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

INNOVACIÓN: LAS REGADERAS ELÉCTRICAS EN MÉXICO Y SUS RIESGOS.

F. A. Rodríguez Pintos, J. L. F. Palomeque Loyo, F. Rodríguez Valdés.

Tecnológico Nacional de México/ Veracruz. Dirección Autor: Circuito Puerto Cortés. Residencial Banús. CP 95263, Alvarado, Veracruz, México.

M21020018@veracruz.tecnm.mx, jose.pl@veracruz.tecnm.mx, felipe.rv@veracruz.tecnm.mx.

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP).

Resumen. En este artículo se describe el riesgo del uso de las regaderas eléctricas debido a un diseño no regulado, de la misma forma se muestran los resultados de las pruebas realizadas para demostrar los riesgos que existen. Las pruebas realizadas son:

Prueba de funcionamiento del contacto GFCI

Funcionamiento de Regadera conectada a un contacto GFCI

Medición de fuga a tierra de la regadera sin protección GFCI

Medición de tensión de la regadera a la persona.

PALABRAS CLAVE: accidentes, ducha, GFCI, muerte, protección diferencial, Regaderas eléctricas.

Introducción.

En este artículo se pretende mostrar que la innovación tecnológica es muy valiosa, pero los investigadores y profesionales en cada rama, se deben asegurar de cumplir con los lineamientos establecidos y de no existir estos, buscar siempre la seguridad sin sacrificarla por el ahorro al producir.

Lejos de redactar un artículo alarmista, lo que se pretende lograr es hacer conciencia en los lectores que, incluso una herramienta tan valiosa, como una regadera eléctrica, puede ser un peligro mortal, si no se siguen las debidas medidas de seguridad.

Es importante mencionar que estos riesgos no solo existen en México, es una situación a nivel mundial que viene dada por las deficiencias en las instalaciones eléctricas y en la premura de lanzar un producto que, tal vez, no fue bien diseñado.

En el estudio "Safety for Electric Shower Water Heater installation in Indonesia", Purnomoadi (2021), se indican los motivos por el que las regaderas eléctricas han causado lesiones e incluso la muerte de personas, clasificándolos en tres rubros:

1. Una mala instalación eléctrica en el inmueble.
2. Un error en el diseño del equipo.
3. Errores de manipulación por parte del usuario final.

Y aquí este artículo pretende hacer hincapié, si se analizan los tres factores principales, hay uno que es, como se dice en el argot de sistemas computacionales "error de usuario", pero en los primeros dos puntos es responsabilidad de los expertos diseñadores, ya sea de la instalación eléctrica o de la regadera misma. En

este artículo, se describirán los experimentos realizados en los que se demuestra el peligro de las regaderas eléctricas desde su diseño.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

En los experimentos realizados se trabajó con un contacto GFCI (Contacto con protección contra fuga a tierra) y con un contacto normal. Esto con la finalidad de verificar cómo se comporta la regadera con la protección diseñada para evitar electrocuciones.

Se instaló una regadera eléctrica y con ayuda de un multímetro y un miliamperímetro, se realizaron mediciones para detectar las fugas de corriente que ocurren a través del agua y que fácilmente pueden llegar al usuario.

Se realizaron los siguientes experimentos:

- Prueba de funcionamiento del GFCI
- Funcionamiento de Regadera conectada a una protección GFCI
- Medición de fuga a tierra de la regadera sin protección GFCI
- Medición de corriente que circula por el agua que fluye de la regadera hacia la persona.

FUNCIONAMIENTO DE UNA REGADERA ELÉCTRICA.

A continuación, se describirá el funcionamiento eléctrico de la regadera: Consta de varias partes, pero solo se mencionará la parte eléctrica, ya que esta es la que ocasiona el riesgo en su uso. El sistema de calentamiento de la regadera consta de una resistencia, que se usa como dispositivo calentador de agua. Esta resistencia se encuentra sumergida directamente en el agua, sin ningún tipo de aislamiento o protección, lo cual ocasiona que el agua esté en contacto directo con la energía eléctrica. Esta agua es la que se utiliza para la ducha de los usuarios, lo que significa que el usuario está en contacto directo con agua que se encuentra energizada.

La regadera se conecta directamente a la red eléctrica de baja tensión (127 v), a través de los cables de alimentación, el conductor de puesta a tierra está en contacto directo con el agua dentro de la regadera y a su vez, se deberá conectar a un electrodo de tierra. Este punto es importante ya que, en México, muchos hogares carecen de dicho electrodo así que se incumple ese paso en la instalación.

PRUEBAS REALIZADAS

Prueba de funcionamiento del GFCI

Estos contactos trabajan de la siguiente manera: la corriente que sale a través del conductor de línea es igual a la corriente que retorna por el neutro, cuando hay una diferencia suficiente entre estas magnitudes de corriente, la protección del contacto se dispara (es por esto que se les debería llamar protecciones diferenciales, como en algunos países se los denomina).

Para realizar la prueba se realizó la conexión como se observa en la figura 1:

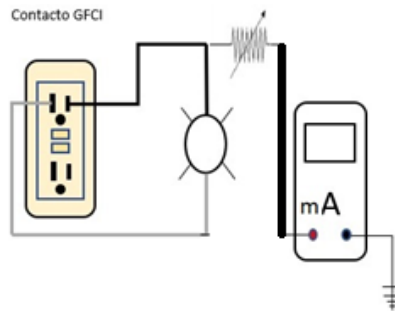


Figura 1. Prueba de funcionamiento del GFCI

El procedimiento de la prueba fue el siguiente: al contacto se conectó una lámpara y entre el neutro y un electrodo de tierra se conectó una resistencia variable y un miliamperímetro, lo anterior con el objetivo de modificar y monitorear la corriente de fuga a tierra.

La resistencia se fue disminuyendo poco hasta que el contacto se protegió, esta prueba se realizó varias veces y en todas, la protección del contacto disparó a 4.5 mA.

Funcionamiento de Regadera eléctrica conectada a una protección GFCI

Tanto el investigador Vesa Linja-aho (2020), como el antes mencionado, Purnomoadi (2021), hacen mucho hincapié en que los accidentes en las regaderas eléctricas se pueden reducir y eliminar si se cuenta con una buena instalación de puesta a tierra y si la regadera se conecta a un circuito protegido con un dispositivo GFCI.

En esta prueba, se conectó la regadera eléctrica a un contacto GFCI de la manera indicada en la figura 2:

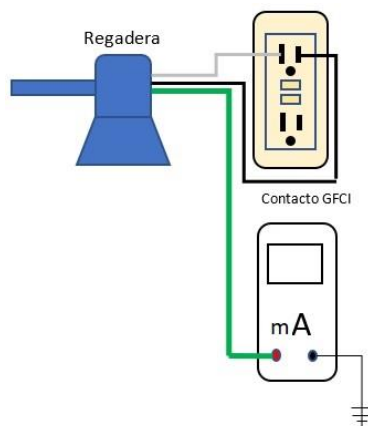


Figura 2. Conexión de la regadera a un contacto GFCI

El resultado de esta prueba fue inmediato, al encender la regadera eléctrica, el dispositivo de protección se disparó, indicando que hay una fuga de corriente a través de la tierra. No se puede realizar una medición de la cantidad que se fuga, debido a que el contacto se dispara inmediatamente, lo que indica que hay al menos una diferencia de 4.5 mA entre fase y neutro, que es la cantidad en la que el contacto GFCI se disparó en la prueba anterior.

Para determinar esa corriente que se fuga a tierra, se debe realizar la prueba, pero en esta ocasión, con un contacto regular, sin protección diferencial.

Medición de fuga a tierra de la regadera sin protección GFCI

Para esta prueba se utilizó un contacto sencillo, sin protección diferencial y se conectó como se indica en la figura 3.

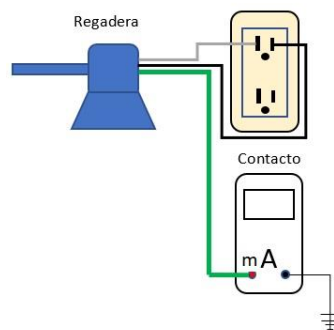


Figura 3. Conexión de la regadera a un contacto sin protección diferencial

En esta ocasión, se realizaron las mediciones al encender la regadera y el amperímetro registró una corriente de fuga de 45mA, es por esto que el contacto con protección se disparaba, ya que esta corriente es 10 veces más alta que lo tolerado por la protección GFCI. Debido a esto, los fabricantes de regaderas indican no usar este tipo de protecciones.

Medición de tensión de la cabeza del usuario a tierra

Para esta prueba se utilizó un contacto sencillo, sin protección diferencial y se conectó de acuerdo a la figura 4:

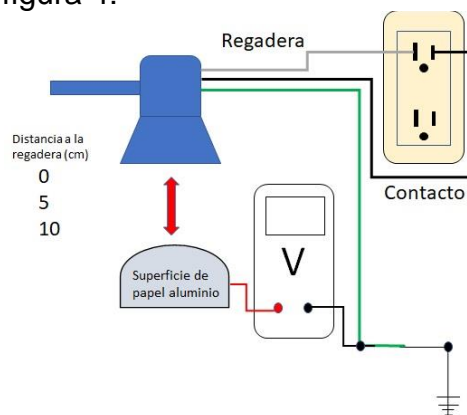


Figura 4. Medición de tensión de la persona a tierra.

Se realizaron 3 mediciones a diferentes distancias de la regadera y los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados de medición de tensión

Distancia (cm)	Tensión (V)
10	20
5	28
0	30

Resultados y Discusión.

Gracias a las diversas pruebas se obtienen datos muy valiosos que arrojan un escenario de verdadero riesgo.

Como se demostró en la prueba “*Medición de fuga a tierra de la regadera sin protección GFCI*”, la corriente de fuga es 10 veces más alta que lo tolerado por la protección diferencial. Recordemos que estamos hablando de un dispositivo cuya función es calentar el agua para que el usuario se dé una ducha.

¿Qué pasa cuando un cuerpo mojado, entra en contacto con electricidad?

Raymond M. Fish, PhD, MD. (2009), en su artículo “*Conduction of Electrical Current to and Through the Human Body: A Review*” comparte que, un ser humano en contacto con una descarga eléctrica, puede sufrir diversas consecuencias, desde leves lesiones, caídas, lesiones graves e incluso la muerte.

El Dr. Fish menciona que solo se necesita una cantidad superior a 5 mA para que el cuerpo humano sufra reacciones como la pérdida de control muscular, a esto se le conoce como “corriente paralizante”. La prueba demostró que existe una corriente de 45 mA. Como se observa, esto pone en riesgo al usuario.

Otro de los resultados alarmantes es el de la prueba de “*Medición de tensión de la cabeza del usuario a tierra*”. En este caso, las tensiones obtenidas en esa prueba demuestran que mientras más cerca esté el usuario de la regadera, existe un mayor riesgo de sufrir una descarga.

Y con los niveles de tensión obtenidos, considerando la resistencia de la piel mojada, ya se estaría en una situación de riesgo mortal.

De acuerdo al artículo, “Lesiones por electricidad” (Rodríguez, Marchesse, 2021) la resistencia de la piel húmeda es de 150 ohms, con ese dato, se obtiene la corriente, de la siguiente forma:

$$I = V/R \quad (1)$$

Suponiendo que el usuario se encuentra a 5 cm de la regadera y ya está mojado, para una tensión de 28 v y una resistencia de 150 ohms, la corriente alcanzará un valor de 186 mA, de acuerdo a ambos doctores, el umbral de fibrilación ventricular es de 100 mA, por lo que ya se está en una dimensión **mortal**.

SITUACIÓN ACTUAL EN LA NORMATIVA MEXICANA

En México, las reglas de las instalaciones eléctricas se encuentran definidas en la NOM 001- SEDE- 2012 y al ser NOM, es obligatoria, por lo que es responsabilidad de quien realiza diseños e instalaciones, consultar y respetar dicha norma para evitar errores.

Desgraciadamente, muchas personas no hacen caso de las indicaciones de la NOM, ya que la consideran solo una sugerencia, y otros tantos que realizan instalaciones, ni siquiera saben que existe dicha norma, esto debido a que son electricistas experienciales (aprenden para hacer reparaciones caseras de manera autodidacta). Esto lleva a muchas situaciones que ponen en riesgo no solo la seguridad de la instalación, sino que ponen en peligro la vida de las personas.
¿Qué dice la norma sobre este caso?

Pues interesantemente, la norma 001 SEDE 2012, no hace referencia a las regaderas eléctricas en ninguno de sus artículos.

Dicha NOM sí hace referencia en el artículo 422-44 a los calentadores de inmersión.

Se muestra dicho artículo a continuación:

“422-44. Calentadores de inmersión conectados con cordón y clavija. Los calentadores eléctricos por inmersión conectados mediante cordón y clavija deben estar fabricados e instalados de manera que las partes portadoras de corriente queden aisladas eficazmente de contactos eléctricos con la sustancia en la que se sumergen.”

Sin embargo, las regaderas eléctricas no cuentan con cordón ni clavija, por lo que los fabricantes pueden decir que este artículo no les aplica.

Existe una norma sobre regaderas eléctricas, NOM-J-106-1988 pero es de 1988, lo que nos dice que no está actualizada y se enfoca en el diseño de la regadera, no en los requerimientos de la instalación y tampoco contempla los riesgos que se han mencionado.

Esto permite que los fabricantes se tomen ciertas libertades al momento de diseñar las regaderas.

También es importante mencionar que algunas marcas extranjeras ya están trabajando en diseños que sean compatibles con dispositivos GFCI.

Conclusiones.

Como se observa en el documento, realmente existe un riesgo al utilizar estos aparatos.

¿Cómo se puede reducir el riesgo de una regadera eléctrica?

En primer paso, se debe realizar una instalación eléctrica adecuada, de acuerdo a la norma, incluso crear un circuito separado y protegido por un interruptor GFCI.

Ahora bien, hay que garantizar que el diseño de la regadera no ponga al usuario en contacto directo con una descarga, para que, al cumplir estos dos elementos, se garantice la seguridad del usuario final.

Un punto crítico es actualizar las normas para que se involucren en el diseño de las regaderas eléctricas para evitar estos riesgos ya comprobados.

Como resultado de este artículo, los autores proponen la adición de una sección que llevaría el número 422-38 en la parte D Construcción, de la NOM-001-SEDE 2012, que diría lo siguiente:

“422-38 Elemento calefactor de las Regaderas Eléctricas. Las regaderas eléctricas deben estar fabricadas e instaladas de manera que las partes portadoras de corriente queden aisladas eficazmente de contactos eléctricos con el agua en la que su resistencia queda sumergida.

La instalación eléctrica para este aparato, debe contemplar una protección del tipo diferencial (GFCI)”

Cabe aclarar que, al estar aislada la resistencia del agua, ya no existirá fuga de corriente hacia ella, con esto ya podría ser utilizado el GFCI como protección fundamental para evitar electrocución.

Si se modifica el artículo 422, como se señaló en la propuesta, logrando además que los instaladores sigan las normas eléctricas, y que se realicen instalaciones correctas, se eliminaría el riesgo de electrocución.

Actualmente, se está trabajando en el diseño de una regadera con resistencia aislada para evitar los riesgos señalados, aportando innovación y seguridad.

Con este artículo, se demuestra que la innovación, bien implementada, hace maravillas, pero si es mal utilizada, puede causar grandes destrozos. Es responsabilidad de nosotros los profesionales, cuidar a los usuarios finales, dándoles herramientas valiosas y seguras.

Agradecimientos.

Agradezco a mis asesores quienes me apoyaron y guiaron en las pruebas, para llegar a los resultados esperados.

Referencias

- Andreas Putro Purnomoadi. (2021). *Safety for Electric Shower Water Heater installation in Indonesia. Indonesia. Conference Series Materials Science and Engineering.*
- Vesa Linja-aho. (2020). *Fatal electrical accidents in Finland 1980–2019 – trends and reducing measures. Finlandia. International Journal of Occupational and Environmental Safety.*
- Raymond M. Fish, PhD, MD. (2009). *Conduction of Electrical Current to and Through the Human Body: A Review. Estados Unidos de América. Journal of General and family medicine.*
- Dra. Rodríguez A, Dr. Marchesse, M. (2001, septiembre). *Lesiones por electricidad. Chile. Temas de Medicina Interna, Universidad Católica de Chile. Consultado el 7 de mayo de 2021, <http://publicacionesmedicina.uc.cl/TemasMedicinaInterna/electricidad.html>*
- Diario Oficial de la Federación. (2012). *NOM-001-SEDE 2012 Instalaciones eléctricas, utilización. México*
- Diario Oficial de la Federación. (1988). *NOM-J-106-1988.Productos eléctricos. - Regaderas eléctricas. México*

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

OPTIMIZACIÓN DE UN REACTOR DE LECHO FIJO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES DE RESPUESTA

E. Sarmiento-Candelaria¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, Carretera Antigua Minatitlán Km 16.5, Col. Reserva territorial, Coatzacoalcos Veracruz, México-
esarmientoc@itesco.edu.mx

Área de participación: MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS (MP)

Resumen: En el presente trabajo se lleva a cabo el análisis y la optimización de un proceso de reacción tubular para la producción de óxido de etileno, esto se llevó a cabo mediante el análisis de superficie de respuesta generado por el modelo Box-Behnken mediante la variación de la temperatura, relación oxígeno etileno y la presión. La selección de las condiciones que maximicen la conversión y la selectividad se realizó mediante la optimización de la función de deseabilidad. Dentro de los resultados obtenidos, se demostró que no existe significancia estadística de la presión, los valores de ajuste del método estadístico fueron superiores a 99% por lo que los valores de las funciones de regresión pueden ser utilizados para la predicción de las respuestas. La selectividad y la conversión varían en función de la temperatura y R-OE, la optimización se obtiene en las condiciones iniciales de 480.66 K y R-OE de 10, los resultados de la simulación con los valores óptimos del proceso de reacción fueron X: 39.52%, S_{EOx}: 47.98%, T: 498.4 K y P: 18.64 bar.

Introducción.

El óxido de etileno (EOx) es un compuesto de alto valor industrial debido a su uso como promotor de diversos compuestos químicos en la industria farmacéutica, petroquímica, textil, etc. Los principales productos a partir del proceso de etoxilación son detergentes, anticongelantes y aditivos para colorantes, entre otros (Pu et al., 2019). El proceso común de producción de EOx se lleva a cabo mediante la epoxidación del etileno gaseoso en reactores empacados con catalizadores de plata dopados con elementos como Cs, Mo, Cs-Re soportados en α -Al₂O₃ (Diao et al., 2015), el proceso de reacción puede describirse mediante las reacciones:



La selectividad (S) del EOx, depende de la reducción de las reacciones 2 y 3, las cuales involucran la producción de CO₂, H₂O y el consumo de C₂H₄O. Existen diversos modelos cinéticos estudiados como los modelos de Langmuir-Hinshelwood (Esfarili et al., 2021) y Eley-Rideal (Salmi et al., 2012), sin embargo, Lafarga et al. (2000), describen que no existen pruebas significativas que permitan establecer el modelo de reacción que se ajuste mejor al mecanismo (Lafarga et al., 2000). Turton et al. (2018) describen las cinéticas de reacción para el proceso de producción,

mediante el uso de catalizador de plata policristalino y su uso en la simulación del proceso (Turton et al., 2018):

$$r_1 = \frac{0.653 e^{\left(\frac{-2384}{RT}\right)} P_{ET}}{1 + 9.8 \times 10^{-4} e^{\left(\frac{-11127}{RT}\right)} P_{ET}} \quad 4$$

$$r_2 = \frac{454 e^{\left(\frac{-10332}{RT}\right)} P_{ET}}{1 + 9.8 \times 10^{-4} e^{\left(\frac{-11127}{RT}\right)} P_{ET}} \quad 5$$

$$r_3 = \frac{14256 e^{\left(\frac{795}{RT}\right)} P_{EOx}^2}{1 + 3.3 \times 10^{-5} e^{\left(\frac{21062}{RT}\right)} P_{EOx}^2} \quad 6$$

El proceso de reacción industrial opera de forma estacionaria, en condiciones comunes de temperatura y presión en rangos de 450-550 K y 10-30 bar (Pio y Salzano, 2020), debido a las reacciones de oxidación, se genera un aumento de la temperatura en el reactor, por lo que existe la posibilidad que deba operar con sistemas de intercambio de calor que permitan regular las temperaturas internas (figura 1). El estudio realizado en 2011, de Peschel et al., compara resultados obtenidos por diversos autores, demostrando una disminución de la selectividad en un rango de temperaturas de 550-600 K (Peschel et al., 2011), por lo que es una variable que debe ser analizada en el proceso de epoxidación.

Debido a la importancia que tiene el EOx a nivel industrial y el diseño de procesos eficientes, en el presente trabajo, se lleva a cabo el diseño unidimensional y el análisis de un reactor catalítico mediante el modelo de superficie de respuesta Box-Behnken, que permita obtener las condiciones de operación que maximicen la selectividad del óxido de etileno.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para el análisis del sistema de reacción se establecieron las condiciones de operación y dimensiones del reactor que se muestran en la tabla 1. Los valores correspondientes al catalizador fueron tomados de la publicación realizada por Rahimpour et al. (2011) (Rahimpour et al., 2011), correspondientes al lecho empacado y las cinéticas utilizadas fueron las establecidas por las ecuaciones 4-6 y las reacciones del proceso fueron tomadas de las ecuaciones 1-3.

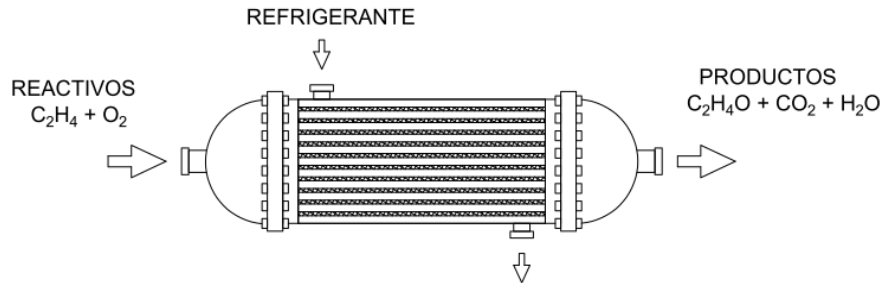


Figura 1.- Diagrama de un reactor catalítico para producción de EOx.

Para las especies involucradas en el proceso, se determinaron las propiedades de viscosidad, peso molecular promedio con las ecuaciones 7-9 (Bird et al., 1992), para la capacidad calorífica (Cp) se utilizó la ecuación 10 correspondiente a una ecuación polinomial en función de la temperatura (T), con los valores presentes en la tabla 2 (Smith, 1996).

Tabla 1.- Especificaciones del sistema.

Condición	Valor
Longitud (m)	8
Área (m ²)	0.0186
k (W/m ² K)	0.05
ρ_{cat} (kg/m ³)	890
ε_b	0.5
d_p (m)	0.00774

Tabla 2.- Coeficientes de la ecuación polinomial de Cp.

Sustancia	a	b	c	d
C_2H_4	1.424	$14.394e^{-3}$	$-4.392e^{-6}$	
O_2	3.639	$0.506e^{-3}$		$-0.227e^5$
C_2H_4O	-0.385	$23.463e^{-3}$	$-9.296e^{-6}$	
H_2O	3.470	$1.450e^{-3}$		$0.121e^5$
CO_2	5.457	$1.045e^{-3}$		$-1.157e^5$
N_2	3.280	$0.593e^{-3}$		$0.040e^5$

$$\mu_{Mezcla} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_i}{\sum_{j=1}^n x_j \Phi_{ij}} \quad 7$$

$$\Phi_{ij} = \frac{1}{\sqrt{8}} \left(1 + \frac{M_i}{M_j} \right)^{-1/2} \left[1 + \left(\frac{\mu_i}{\mu_j} \right)^{1/2} \left(\frac{M_i}{M_j} \right)^{1/2} \right]^2 \quad 8$$

$$Pmp = \sum_{i=1}^n x_i M_i \quad 9$$

$$\frac{Cp_i}{R} = a + bT + cT^2 + dT^{-2} \quad 10$$

Dónde: μ es la viscosidad dinámica y M el peso molecular de cada especie presente en el sistema de reacción, R la constante de los gases ideales en unidades de energía.

El modelado del reactor se basa en la solución de expresiones diferenciales unidimensionales, de balance de materia con reacción química, además de

involucrar la ecuación de balance de energía con intercambio de calor, donde el fluido de intercambio corresponde a agua a temperatura media de 373.15 K, esto se debe, que a bajas temperaturas del fluido de enfriamiento reduce las cinéticas de reacción disminuyendo la conversión (x) del etileno. La caída de presión (P) en el lecho catalítico en función de la longitud (z) se determinó mediante el uso de la ecuación de Ergun (ecuación 11) (H. H., 1985).

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{1-\varepsilon_b}{\varepsilon_b} \right)^2 \left(150 + 1.75 \frac{\text{Re}}{1-\varepsilon_b} \right) \frac{G_f^2}{\rho_{\text{gas}} d_p} \quad 11$$

Dónde: Re es el número de Reynolds en función del diámetro de partícula, ρ_{gas} la densidad del gas tomando obtenida por la ecuación del gas ideal, G_f el flujo másico por unidad de área.

El proceso de reacción se realizará mediante el diseño de superficie de respuesta Box-Behnken, el cual, no genera puntos de análisis en los vértices de la región del proceso, pero existen en la región media de los factores (Ferreira et al., 2007). La tabla 3 muestra los factores y los niveles seleccionados para el análisis propuesto. Los factores de respuesta serán, la conversión (X) del etileno (%), la selectividad(S) del EOx (%) y la temperatura (K).

Tabla 3.- Factores y valor de los niveles para el análisis Box-Behnken.

Factor	Codificado	Unidades	Inferior (-1)	Superior (+1)
Temperatura	x_1	K	420	500
Relación O ₂ /Etileno (R-OE)	x_2	mol O ₂ /mol Etileno	5	10
Presión	x_3	bar	25	30

Los coeficientes del modelo de regresión serán determinados mediante el análisis de la tabla ANOVA, ajustando los términos correspondientes a la significancia en cada factor de respuesta siendo ajustados a un modelo de segundo o primer orden según sea el caso (ecuación 12) y la optimización del proceso se obtendrá mediante la maximización de la función de deseabilidad para las variables de selectividad y conversión (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2012).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{\kappa} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{\kappa} \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{\kappa} \sum_{j=1}^{\kappa} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad 12$$

Resultados y Discusión.

La tabla 4 muestra los factores de las ecuaciones de regresión del modelo ajustado (P<0.05), para la superficie de respuesta, como se observa las variables que tiene mayor significancia son la temperatura y la R-OE. Los resultados muestran que la presión no presenta una significancia estadística (P>0.05) aparente, sin embargo, es importante tomar en cuenta este factor debido a su significancia cinética (ecuaciones 4-6).

Las tablas 5-7 muestran el resultado del ajuste de regresión estadístico, del diseño de superficie de respuesta para la conversión del etileno, selectividad y temperatura, observándose un valor de R^2 pronosticada de 99.88%, 99.88% y 97.14% respectivamente, esta última presenta una desviación 20.2084, lo que se ve reflejado en la disminución del ajuste (figura 4) en comparación con los ajustes de conversión y temperatura que se muestran en las figuras 2 y 3.

Tabla 4.- Coeficientes de las ecuaciones de regresión del modelo Box-Behnken.

Coeficiente	$Y_1 = X$ (%)	$Y_2 = S$ (%)	$Y_3 = T$ (K)
β_0	4139.6	-2299.7	21550
β_1	-19.123	11.237	-100.82
β_2	-0.424	0.405	203.5
$\beta_{1,1}$	0.022101	-0.013286	0.11989
$\beta_{1,2}$			-0.467

Las superficies de respuesta se muestran en las figuras 5-7, para R-OE de 7.5, se observa que existe una dependencia directa a la temperatura. La selectividad aumenta de manera significativa al disminuir la temperatura, caso contrario con la conversión que disminuye; esto es consistente con lo reportado por diversos autores, que demostraron el mismo comportamiento en el proceso de epoxidación de etileno, ejemplo de esto Lafarga y Varma quienes en el año 2000 utilizaron rectores con membrana de dosificación con catalizadores de plata dopados de Cs soportados en $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Lafarga y Varma, 2000), y Russo et al. en 2015, que modelaron microreactores con temperaturas en un rango de 490-570 K, (Russo et al., 2015) donde la selectividad es inversamente proporcional a la conversión.

Tabla 5.- Tabla de ajuste de regresión para conversión.

S	R^2	R^2 (ajustado)	R^2 (pred)
1.1258	99.94%	99.92%	99.88%

Tabla 6.- Tabla de ajuste de regresión para selectividad.

S	R^2	R^2 (ajustado)	R^2 (pred)
0.89468	99.94%	99.92%	99.88%

Tabla 7.- Tabla de ajuste de regresión para temperatura.

S	R^2	R^2 (ajustado)	R^2 (pred)
20.2084	99.34%	99.07%	97.14%

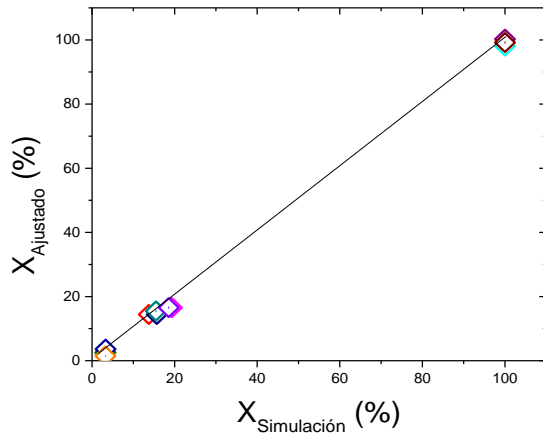


Figura 2.- Ajuste de datos para la conversión.

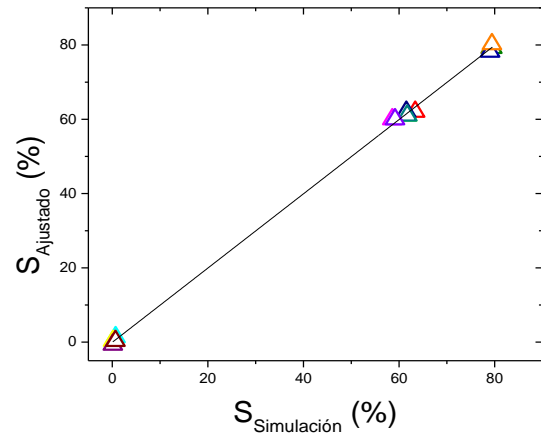


Figura 3.- Ajuste de datos para la selectividad.

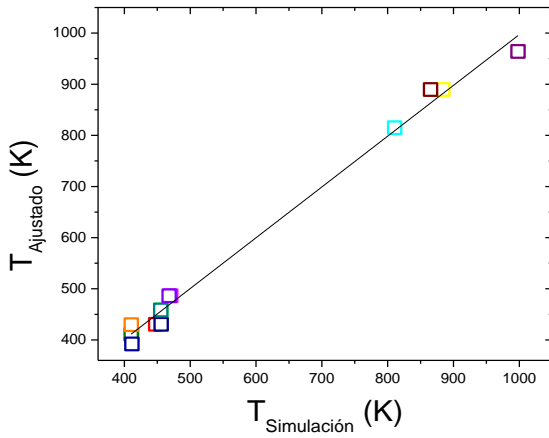


Figura 4.- Ajuste de datos para la temperatura.

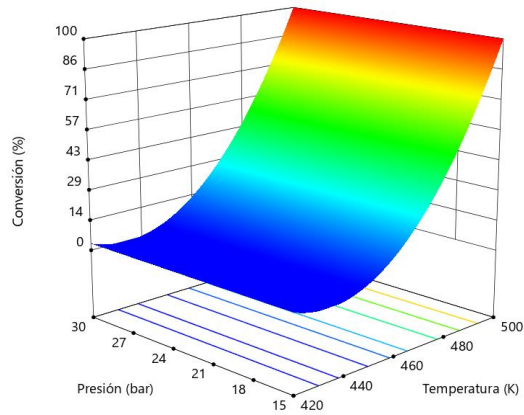


Figura 5.- Superficie de respuesta de la conversión.

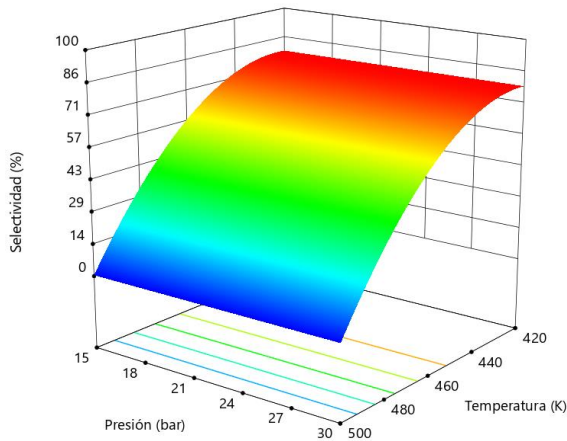


Figura 6.- Ajuste de datos para la conversión.

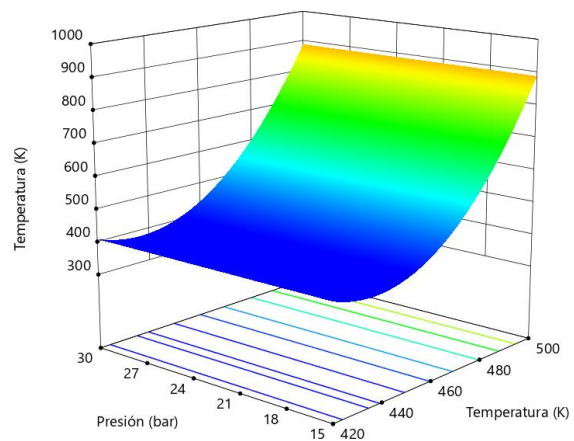


Figura 7.- Ajuste de datos para la selectividad.

El resultado de la optimización, son con las condiciones iniciales 480.66 K y R-OE de 10, el análisis de la interacción de la presión con los factores optimizados se muestra en la figura 8, en esta se observa que la variación de presión afecta el 5% aproximadamente, la figura 9 expone los resultados obtenidos del modelado del sistema para 22.5 bar, se muestra que los flujos de CO₂ y H₂O son semejantes debido a su formación por las reacciones 2 y 3.

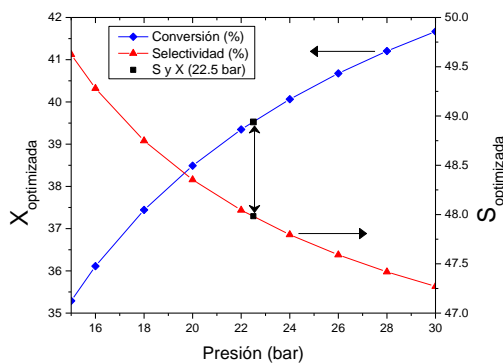


Figura 8.- Efecto de la presión en la conversión y selectividad.

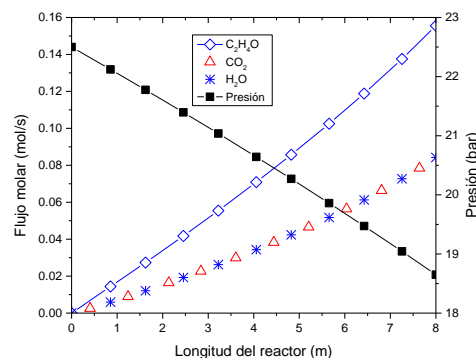


Figura 9.- Ajuste de datos para la selectividad.

Conclusiones.

Los resultados obtenidos muestran que existe la dependencia de X y S de forma directa a la temperatura y R-OE, las ecuaciones de regresión del modelo Box-Behnken fueron ajustados debido a la no significancia estadística de la presión, en contraparte, la figura 8 muestra que existe una relevancia para el proceso de producción, lo cual podría ser incongruente al modelo estadístico, sin embargo, es importante especificar que dentro de las limitantes estadísticas se encuentran el valor de significancia, lo cual ajusta el modelo al restringir la variable de presión. Los resultados óptimos del proceso de reacción fueron X: 39.52%, S_{EOx}: 47.98%, T: 498.4 K y P: 18.64 bar.

Agradecimientos.

El autor agradece al Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo.

Referencias

- Bird, R. B., Stewart, W. E., y Lightfoot, E. N. (1992). *Fenómenos de transportes*.
 Diao, W., DiGiulio, C. D., Schaal, M. T., Ma, S., y Monnier, J. R. (2015). An investigation on the role of Re as a promoter in AgCsRe/ α -Al₂O₃ high-selectivity, ethylene epoxidation catalysts. *Journal of Catalysis*, 322, 14–23.
 Esrafilii, M. D., Janebi, H., y Mousavian, P. (2021). Epoxidation of ethylene over an Ag atom embedded B-vacancy defective boron-nitride nanosheet via a trimolecular Langmuir–Hinshelwood mechanism: A DFT investigation. *Molecular Catalysis*, 514, 111843.
 Ferreira, S. L. C., Bruns, R. E., Ferreira, H. S., Matos, G. D., David, J. M., Brandão, G. C., da Silva, E. G. P., Portugal, L. A., dos Reis, P. S., Souza, A. S., y dos Santos, W. N. L. (2007). Box-

- Behnken design: An alternative for the optimization of analytical methods. *Analytica Chimica Acta*, 597(2), 179–186.
- Gutiérrez Pulido, H., y de la Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos* (Tercera). H. H., L. (1985). *Heterogeneous Reactor Design*. Butterworths Publishers.
- Lafarga, D., Al-Juaied, M. A., Bondy, C. M., y Varma, A. (2000). Ethylene Epoxidation on Ag-Cs/ α -Al₂O₃ Catalyst: Experimental Results and Strategy for Kinetic Parameter Determination. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 39(7), 2148–2156.
- Lafarga, D., y Varma, A. (2000). Ethylene epoxidation in a catalytic packed-bed membrane reactor: effects of reactor configuration and 1,2-dichloroethane addition. *Chemical Engineering Science*, 55(4), 749–758.
- Peschel, A., Karst, F., Freund, H., y Sundmacher, K. (2011). Analysis and optimal design of an ethylene oxide reactor. *Chemical Engineering Science*, 66(24), 6453–6469.
- Pio, G., y Salzano, E. (2020). Implementation of gas-phase kinetic model for the optimization of the ethylene oxide production. *Chemical Engineering Science*, 212, 115331.
- Pu, T., Tian, H., Ford, M. E., Rangarajan, S., y Wachs, I. E. (2019). Overview of Selective Oxidation of Ethylene to Ethylene Oxide by Ag Catalysts. *ACS Catalysis*, 9(12), 10727–10750.
- Rahimpour, M. R., Shayanmehr, M., y Nazari, M. (2011). Modeling and Simulation of an Industrial Ethylene Oxide (EO) Reactor Using Artificial Neural Networks (ANN). *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(10), 6044–6052.
- Russo, V., Kilpiö, T., Hernandez Carucci, J., Di Serio, M., y Salmi, T. O. (2015). Modeling of microreactors for ethylene epoxidation and total oxidation. *Chemical Engineering Science*, 134, 563–571.
- Salmi, T., Roche, M., Hernández Carucci, J., Eränen, K., y Murzin, D. (2012). Ethylene oxide – kinetics and mechanism. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 1(3), 321–327.
- Smith, J. M. (1996). *Introducción a la termodinámica en ingeniería química*.
- Turton, R., Shaeiwitz, J. A., Bhattacharyya, D., y Whiting, W. (2018). *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes* (Quinta).

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN DESORBEDOR-CONDENSADOR DE MEMBRANA CON LA MEZCLA LiCl-H₂O

Iván Leonardo Medina-Caballero, Jonathan Ibarra-Bahena, Wilfrido Rivera

Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Xochicalco s/n, Azteca, Temixco, Morelos 62580, MÉXICO. mecai@ier.unam.mx; jibarra@ier.unam.mx; wrgf@ier.unam.mx

Área de participación: MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS (MP)

Resumen: Los sistemas de absorción son una alternativa para ayudar a la lucha contra el cambio climático dado que pueden operar con fuentes de calor que son amigables con el medio ambiente o con calor de desecho. El desorbedor es un componente esencial en el funcionamiento de los ciclos de absorción y su función es reparar fluido refrigerante de la mezcla de trabajo. Con el objetivo de disminuir costo económico, aumentar la desorción, disminuir tamaño y peso, se ha propuesto un módulo membrana que se emplee como desorbedor/condensador. En el presente estudio se realizó una simulación numérica en el software Ansys-Fluent de un desorbedor/condensador en configuración de destilación de membrana con espaciamiento de aire (AGMD- por sus siglas en inglés Air Gap Membrane Distillation) que opera con una mezcla de trabajo de LiCl-H₂O en reemplazo de la tradicional mezcla de LiBr-H₂O. El sistema es modelado a presión atmosférica, a temperatura de entrada de la solución de 80°C, a una concentración de 41% (en peso de sal de LiCl) y a una temperatura de entrada de agua de enfriamiento de 20°C. Se analizaron los perfiles de temperatura, velocidad y concentración arrojados con la simulación y se encontraron oportunidades de mejora en la distribución geométrica y de materiales en los componentes del desorbedor/condensador.

Introducción.

El cambio climático y el desarrollo sostenible obligan cada vez más a la búsqueda y mejoramiento continuo de tecnologías de energías limpias. En ese sentido los sistemas de refrigeración por absorción funcionan con energías de baja calidad, como la energía térmica solar o con calor residual de los procesos industriales, que no tiene consecuencia sobre el calentamiento global (Banu&Sudharsan, 2018). Además, se ha confirmado que los ciclos de absorción tienen un consumo reducido de electricidad y baja emisiones de CO₂, con lo cual estos sistemas tienen potencial para combatir el calentamiento global y ayudar en la transición hacia energías renovables (Labus et al., 2013).

Tanto el refrigerante como el absorbente deben ser no corrosivos, respetuosos con el medio ambiente y económicos (Sun et al., 2012). El H₂O es el fluido más usado como refrigerante en solución con diferentes sustancias que cumple el papel de absorbente. Además, el agua es un refrigerante natural, abundante, de bajo costo y amigable con el medio ambiente. También, sus buenas propiedades termodinámicas, como el alto calor latente de evaporación lo convierten en una buena opción como refrigerante en sistemas por absorción. En general el rendimiento de los sistemas de absorción a base de agua es superior al de los sistemas a base de amoníaco, además de no necesitar rectificador Altamirano et al., 2019). Horuz (1998) realizó una comparación teórica de las soluciones de NH₃-H₂O y LiBr-H₂O para uso en sistemas de refrigeración por absorción. Concluyó que la solución de LiBr-H₂O tiene un coeficiente de rendimiento (COP, por las siglas en

ingles de *Coefficient Of Performance*) más alto que la solución de $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$, pero advierten de posibles peligros de cristalización del LiBr a temperaturas altas de operación.

Una alternativa a la mezcla LiBr- H_2O es la mezcla LiCl- H_2O . Won y lee (1991) compararon el desempeño termodinámico de las soluciones acuosas de LiBr y LiCl para un sistema de bomba de calor de doble efecto. Ellos encontraron que el COP es más alto y las tasas de flujo son más bajas para la solución de LiCl- H_2O , además, esta mezcla requiere una menor temperatura de operación lo que la hace más adecuada para sistemas de refrigeración por absorción solar. Ahmad et al. (2022) compararon las soluciones de LiCl- H_2O y LiBr- H_2O para un sistema de refrigeración por absorción. Realizaron un análisis energético del ciclo, fijando la capacidad en 300 kW y variando las temperaturas de evaporación y de condensación. Concluyeron que el sistema con la solución de LiCl- H_2O tiene un COP máximo de 2.6% más alto que con la solución de LiBr- H_2O , operando bajo las mismas condiciones. Patel et al. (2017) presentaron un análisis teórico basado en la primera y la segunda ley de la termodinámica de un sistema de enfriamiento por absorción operando con LiCl- H_2O y LiBr- H_2O bajo idénticas condiciones térmicas. Encontraron que el funcionamiento termodinámico es mayor cuando se emplea la solución de LiCl- H_2O . Bellos et al. (2016) Investigaron el comportamiento energético y exergético de la solución de LiCl- H_2O comparado con la solución LiBr- H_2O para un sistema de refrigeración solar de simple y doble efecto (Bellos et al., 2017). Encontraron que tanto el COP como la eficiencia exergética son mayores en el LiCl- H_2O , además que se puede reducir el área específica del colector. Bhowmick y Kundu (2021) hicieron una comparación teórica desde el punto vista económico de un sistema de refrigeración por absorción operado con LiCl- H_2O y con la solución de LiBr- H_2O . Encontraron que el LiCl- H_2O funcionaba mejor desde el punto de vista termodinámico, lo que lleva a una disminución del gasto del equipo de hasta 1.2% comparado con el sistema que utiliza LiBr- H_2O . También se encuentran algunos trabajos que reportan altas eficiencias del LiCl- H_2O sobre diferentes mezclas para sistemas de absorción (Reyes et al., 2010; Saravanan et al., 1998).

Los sistemas de absorción basados en membranas son una tecnología prometedora para superar las desventajas de peso, volumen y costo de la tecnología convencional de película descendente (Altamirano et al., 2020). Yu et al. (2012) investigaron numéricamente varios parámetros de un absorbedor de membrana. Encontraron que los parámetros que más afectan la tasa de absorción son el espesor de la película y la velocidad de la solución, además encontraron que aumentar la rugosidad en la superficie de la membrana puede aumentar la tasa de desorción debido a los efectos convectivos inducidos. De Vega et al. (2018) realizaron una comparación teórica del rendimiento del proceso de absorción a través de una membrana para un ciclo de enfriamiento por absorción, operado con LiBr- H_2O , LiCl- H_2O y $\text{LiNO}_3\text{-NH}_3$. Encontraron que para el LiCl- H_2O el rendimiento y el efecto de enfriamiento son más bajos que las otras dos soluciones, pero con esta solución se puede permitir el uso de fuentes de calor de temperatura más bajas (por debajo de 70°C). También se encuentran trabajos en bombas de calor que usan módulos de membrana y además operan teóricamente con LiCl- H_2O que reportan la viabilidad de usar esta solución en sistemas de absorción con membranas (Huang,

2015; Huang. 2017; Yang et al., 2022). Ibarra et al. (2022) realizaron un análisis experimental de un desorbedor/condensador de membrana que opera a presión atmosférica y con una solución de LiCl-H₂O. Investigan dos modos de operación, para el primero se hacen pruebas de manera continua y la tasa de desorción máxima reportada fue de 3.49 kg/h*m² a una temperatura de solución de 90.3°C y de 25.1°C para el fluido de enfriamiento. En el segundo modo, llamado “intermitente”, los autores realizaron pruebas de tres horas de duración, obtuvieron un máximo de fluido refrigerante producido de 7.7 kg a temperatura de solución de 90.3°C. De acuerdo con los resultados reportados, los autores concluyeron que la solución de LiCl-H₂O puede ser utilizada en sistemas de refrigeración por absorción que integran membranas en sus dispositivos para reemplazar la tradicional solución de LiBr-H₂O. En el presente estudio se simula una configuración compacta de desorbedor/condensador que opera a condiciones de presión atmosférica, con LiCl-H₂O como mezcla de trabajo y enfriado con agua. En el presente estudio se simula una configuración compacta de desorbedor/condensador que opera a condiciones a presión atmosférica con LiCl- H₂O como mezcla de trabajo y enfriado con agua. En la literatura no se encuentra un estudio en dinámica de fluidos computacional, (CFD por sus siglas en inglés de Computational Fluid Dynamics) para esta configuración de desorbedor/condensador de membrana y cuyo fluido de trabajo sea el LiCl-H₂O, por lo tanto, esta investigación es relevante para el desarrollo tecnológico de los sistemas de enfriamiento por absorción.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

En la Figura 1 se presenta un diagrama esquemático de la configuración de destilación por membrana con espacio de aire (AGMD por las siglas en inglés de *air gap membrane distillation*) la cual es utilizada en el desorbedor/condensador. El módulo de membrana contiene un espacio de aire estancado, situado en el intermedio de la membrana y una superficie o placa de condensación, la cual es enfriada del lado opuesto con agua. La diferencia de temperaturas entre la mezcla de trabajo (LiCl-H₂O) y la superficie de la placa fría de condensación causa una diferencia en la presión de vapor, esta es la fuerza impulsora para la evaporación del agua en la mezcla, formada en la superficie de la membrana y su paso a través de la membrana, la cual actúa como una barrera física para la contención de la mezcla de trabajo.

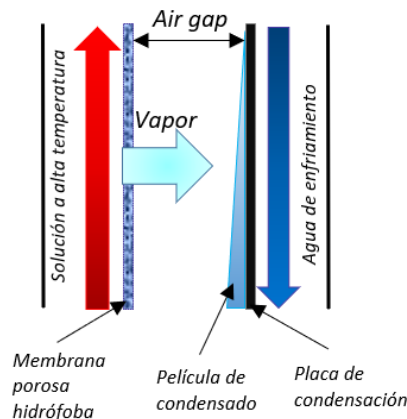


Figura 1 Desorbedor/Condensador de membrana en configuración AGMD

Para la simulación computacional en el software Ansys Fluent se asumió flujo estable, régimen laminar en los canales de la solución de LiCl y de agua de enfriamiento, no se presentan reacciones químicas y un valor de gravedad de -9.81 m/s^2 en la dirección Y.

Con el objetivo de simular los flujos de solución de LiCl-H₂O, agua de enfriamiento, permeado y condensado del módulo de membrana, se derivaron y resolvieron las ecuaciones de conservación de momento, masa y energía en estado estacionario sobre el dominio tridimensional. Además, se utilizó el modelo de transporte de especies para captar los fenómenos de difusión másica en el canal de solución de LiCl-H₂O. Las ecuaciones gobernantes se enumeran a continuación:

Ecuación de conservación de la masa (continuidad):

$$\nabla \cdot (\rho \vec{v}) = S_m$$

Ecuación de conservación de momento (ecuaciones de Navier-Stokes):

$$\nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla \cdot p + \nabla \cdot (\bar{\tau}) + \rho \vec{g}$$

Ecuación de la energía:

$$\nabla \cdot (\vec{v}(\rho E + p)) = -\nabla \cdot \left(k_{\text{eff}} \nabla T - \sum_i h_i \vec{j}_i + (\bar{\tau} \cdot \vec{v}) \right) + S_h$$

Modelo de transporte de especies:

Para predecir las fracciones másicas, Y_i , de la solución de LiCl-H₂O, se utiliza una ecuación de convección – difusión para N-1 especies en estado estable. Esta ecuación toma la siguiente forma:

$$\nabla \cdot (\rho Y_i \vec{v}) = -\nabla \cdot \vec{j}_i$$

Donde j_i es el flujo de difusión de la especie i , para flujo laminar, se expresa de la siguiente manera, basado en la ley de Fick:

$$\vec{j}_i = -\rho D_{ij} \nabla Y_i$$

Donde el coeficiente de difusión másico D_{ij} del agua en la solución acuosa de cloruro de litio.

En la Figura 2 se ilustra el dominio computacional y su correspondiente mallado estructurado de 1120500 elementos, con una mínima calidad ortogonal de 0.93.

- 1- Canal de solución LiBr-H₂O
Alto: 0.180 (m)
Ancho: 0.08 (m)
Espesor: 0.003 (m)
- 2- Membrana
Espesor: 0.000175 (m)
- 3- Espacio de aire
Espesor: 0.003 (m)
- 4- Placa de aluminio
Espesor: 0.0005 (m)
- 5- Canal del agua de enfriamiento
Espesor: 0.003 (m)

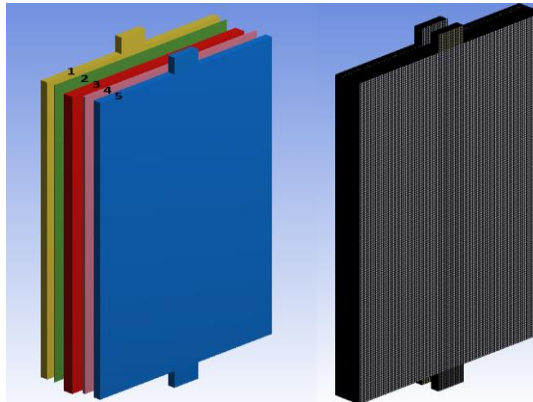


Figura 2 Geometría y Mallado del dominio de la simulación numérica del desorbedor/condensador.

Resultados y Discusión.

En la Figura 3 se ilustra los contornos de temperatura del módulo de membrana de desorbedor/condensador y del canal de solución de LiCl-H₂O. El flujo másico de entrada de la solución fue de 0.03 kg/s, su temperatura es de 80°C y con una concentración de 41% (en peso) de sal de LiCl. Del lado canal de enfriamiento se simuló la entrada de agua a 20 °C y 0.04 kg/s. Los contornos de temperatura calculados del módulo completo son homogéneos ya que muestran las temperaturas de las placas de Nylamid que cubren al desorbedor/condensador, mientras que del lado derecho se muestra la temperatura del LiCl-H₂O al interior del canal de solución, se puede observar un perfil de “jet” en el medio del canal, influenciado principalmente por la velocidad de la solución.

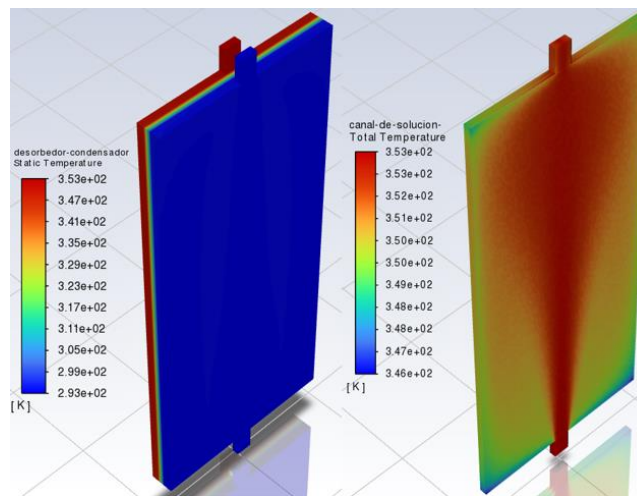


Figura 3 Contornos de temperatura en el desorbedor/condensador (izquierda) y dentro del canal de solución (derecho)

En la Figura 4 se presentan los contornos de fracción másica del LiCl para la solución de LiCl-H₂O, podemos ver claramente como la fracción másica del LiCl aumenta a medida que nos acercamos a la interfaz de la membrana, esto debido a que físicamente la evaporación del agua ocurre en esa sección. También se observa como la concentración de LiCl disminuye en las zonas donde los vectores de velocidad (Figura 5) de la solución son mayores y se sabe que los aumentos de la

velocidad en la solución aumentan la tasa de recirculación, que a su vez producen un aumento de la disponibilidad de agua en la superficie de la membrana, con lo cual se favorece la desorción. Los contornos de fracción másica dentro del canal de solución para el H_2O son opuestos, dado la mezcla de trabajo está compuesta por solo 2 especies químicas y la suma de las concentraciones en cualquier elemento de la malla es igual a 1.

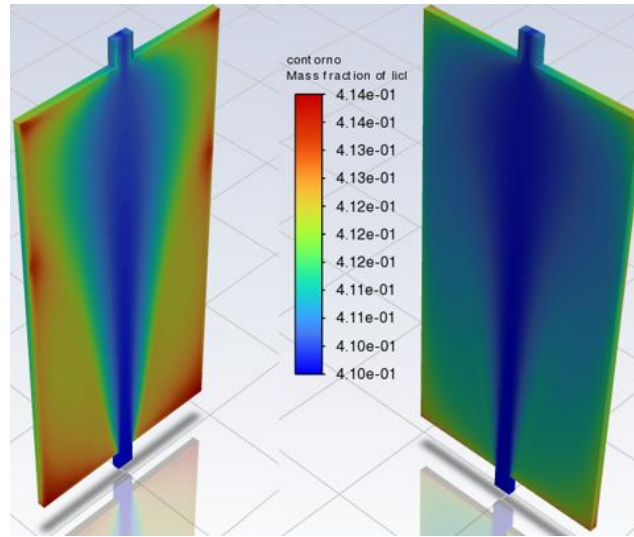


Figura 4 Contorno de fracción másica del LiCl en el canal de solución, del lado de la membrana (izquierda), del lado de la placa de Nylamid (derecha)

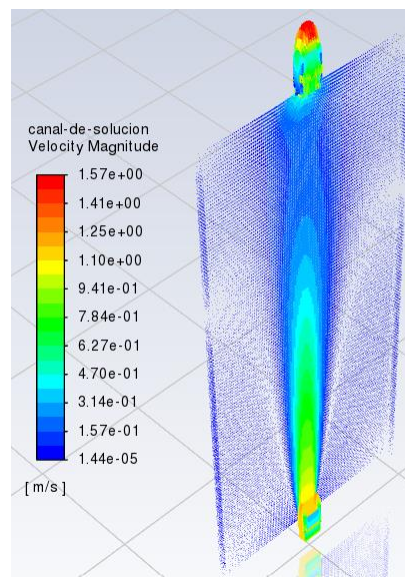


Figura 5 Vectores de velocidad de la solución de LiCl- H_2O

Conclusiones.

En el presente trabajo se llevó a cabo una simulación tridimensional de un desorbedor/condensador de membrana en configuración AGMD para ciclos de enfriamiento por absorción usando una solución de LiCl- H_2O como fluido de trabajo en el software Ansys Fluent. Se demostró que la simulación computacional puede ser una herramienta valiosa para el diseño y el análisis de un

desorbedor/condensador de membrana en comparación con el costo económico y temporal que implica el uso de técnicas de evaluación experimental. Se encontró que los perfiles de temperatura y concentración muestran congruencia con las curvas de polarización teóricas encontradas en la bibliografía. En base a estos resultados se encuentran oportunidades de mejora en la configuración geométrica del canal de solución que permita aumentar y homogenizar la distribución de los contornos de velocidad cerca a la interfaz con la membrana con el objetivo de obtener mayor disponibilidad de agua en esa zona. También, se puede proponer una nueva disposición geométrica en el canal de enfriamiento que permita disminuir la temperatura de operación en la placa de enfriamiento y a su vez aumentar diferencia de temperatura a ambos lados de la membrana con el objetivo de mejorar la tasa de desorción. Además, se encuentra oportunidad de mejora en los materiales usados en el módulo con el objetivo de mejorar la transferencia de calor y masa al interior del desorbedor/condensador.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al proyecto PAPIIT-UNAM IT100920 por el financiamiento otorgado para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Referencias

- Ahmad, T., Azhar, M., Sinha, M. K., Meraj, M., Mahbul, I. M., & Ahmad, A. (2022). Energy analysis of lithium bromide-water and lithium chloride-water based single effect vapour absorption refrigeration system: A comparison study. *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100432.
- Altamirano, A., Stutz, B., & Le Pierrès, N. (2020). Review of small-capacity single-stage continuous absorption systems operating on binary working fluids for cooling: Compact exchanger technologies. *International Journal of Refrigeration*, 114, 118-147.
- Altamirano, A., Le Pierrès, N., & Stutz, B. (2019). Review of small-capacity single-stage continuous absorption systems operating on binary working fluids for cooling: Theoretical, experimental and commercial cycles. *International Journal of Refrigeration*, 106, 350-373.
- Banu, P. A., & Sudharsan, N. M. (2018). Review of water based vapour absorption cooling systems using thermodynamic analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 3750-3761.
- Bellos, E., Tzivanidis, C., Pavlovic, S., & Stefanovic, V. (2017). Thermodynamic investigation of LiCl-H₂O working pair in a double effect absorption chiller driven by parabolic trough collectors. *Thermal Science and Engineering Progress*, 3, 75-87.
- Bellos, E., Tzivanidis, C., & Antonopoulos, K. A. (2016). Exergetic and energetic comparison of LiCl-H₂O and LiBr-H₂O working pairs in a solar absorption cooling system. *Energy Conversion and Management*, 123, 453-461.
- Bhowmick, A., & Kundu, B. (2021). Thermo-economic optimization and comparison study of LiBr-H₂O and LiCl-H₂O working pair in absorption cooling systems based on genetic algorithm. *International Journal of Energy Research*, 45(3), 3938-3954.
- de Vega, M., Venegas, M., & García-Hernando, N. (2018). Modeling and performance analysis of an absorption chiller with a microchannel membrane-based absorber using LiBr-H₂O, LiCl-H₂O, and LiNO₃-NH₃. *International Journal of Energy Research*, 42(11), 3544-3558.
- Horuz, I. (1998). A comparison between ammonia-water and water-lithium bromide solutions in vapor absorption refrigeration systems. *International communications in heat and mass transfer*, 25(5), 711-721.
- Huang, S. M. (2017). Coupled heat and mass transfer in a cross-flow hollow fiber membrane absorption heat pump (HFMAHP). *Applied Thermal Engineering*, 111, 1119-1128.
- Huang, S. M. (2015). Heat and mass transfer in a quasi-counter flow parallel-plate membrane-based absorption heat pump (QPMHP). *Journal of Membrane Science*, 496, 39-47.

- Ibarra-Bahena, J., Dehesa-Carrasco, U., Galindo-Luna, Y. R., Medina-Caballero, I. L., & Rivera, W. (2022). Experimental Performance of a Membrane Desorber with a H₂O/LiCl Mixture for Absorption Chiller Applications. *Membranes*, 12(12), 1184.
- Labus, J. M., Bruno, C. J., & Coronas, A. (2013). Review on absorption technology with emphasis on small capacity absorption machines. *Thermal Science*, 17(3), 739-762.
- Patel, J., Pandya, B., & Mudgal, A. (2017). Exergy based analysis of LiCl-H₂O absorption cooling system. *Energy Procedia*, 109, 261-269.
- Reyes, R. M. B., Gómez, V. M. A., & García-Gutiérrez, A. (2010). Performance modelling of single and double absorption heat transformers. *Current Applied Physics*, 10(2), S244-S248.
- Saravanan, R., & Maiya, M. P. (1998). Thermodynamic comparison of water-based working fluid combinations for a vapour absorption refrigeration system. *Applied thermal engineering*, 18(7), 553-568.
- Sun, J., Fu, L., & Zhang, S. (2012). A review of working fluids of absorption cycles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 1899-1906.
- Won, S. H., & Lee, W. Y. (1991). Thermodynamic design data for double effect absorption heat pump systems using water-lithium chloride—cooling. *Heat Recovery Systems and CHP*, 11(1), 41-48.
- Yang, M., Low, E., Law, C. L., Chen, J. C., Show, P. L., & Huang, S. M. (2022). Heat and mass transfer in a counter flow parallel plate membrane-based absorption heat pump (PMAHP). *International Journal of Thermal Sciences*, 171, 107227.
- Yu, D., Chung, J., & Moghaddam, S. (2012). Parametric study of water vapor absorption into a constrained thin film of lithium bromide solution. *International journal of heat and mass transfer*, 55(21-22), 5687-5695.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE FTALOCIANINA DE ERBIO DEPOSITADA COMO PELÍCULA DELGADA SOBRE SUSTRATOS DE SILICIO POROSO.

P. B. García-Díaz¹, D. H. Cuate-Gómez², A. Garzó-Román³, C. Zuñiga-Islas³

¹Universidad Interamericana A.C. Departamento de ingeniería, Lateral Sur de la Vía Atlxácayotl #7007, Municipio de San Andrés Cholula, Puebla. pb28@hotmail.com

²Instituto Tecnológico Superior Campus Progreso, Blvd. Tecnológico de Progreso S/N, Centro, 97320 Progreso, Yucatán. - dhcq.inv@gmail.com

³Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Calle Luis Enrique Erro, Santa María Tonantzintla, Puebla, C.P 72840– abelgr@inaoep.mx, czuniga@inaoep.mx

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: El silicio es el semiconductor más común en la tecnología electrónica actual, pero su banda de energía prohibida es una limitación para aplicaciones fotónicas debido a que es de banda indirecta. Sin embargo, las nanopartículas de silicio tienen un comportamiento similar al de un material con banda de energía prohibida directa, lo que ha llevado a la investigación y desarrollo de materiales ópticamente activos, como el Silicio Poroso (SP) descubierto por Uhlir en 1957. En la actualidad, se han creado diferentes métodos para la síntesis de nanopartículas de silicio, incluyendo técnicas de electroquímica. Además, los compuestos orgánicos, en particular la familia de ftalocianinas, han sido objeto de investigación para aplicaciones optoelectrónicas, y las películas delgadas de ftalocianinas pueden ser depositadas mediante una técnica de evaporación térmica obteniendo uniformidad y propiedades físicas destacables. En este artículo, se investigaron las propiedades ópticas y estructurales del silicio poroso con una película delgada de ftalocianina de Erblio, utilizando técnicas innovadoras de depósito. Los resultados estructurales muestran morfologías de microporos y nano esferas, y las ópticas, características propias como las bandas Soret (B) y banda (Q). Estos resultados pueden tener implicaciones en el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos más eficientes y avanzados en el futuro.

Introducción.

El silicio es el semiconductor más común en la industria de la tecnología electrónica actual. Sin embargo, su banda de energía prohibida es de 1.12 eV a 300 grados Kelvin, además es de banda indirecta. Lo anterior es una de las principales limitaciones si se requiere utilizar para aplicaciones fotónicas. El silicio en volumen se comporta de diferente manera, las nanopartículas de silicio tienen un comportamiento similar al de un material con banda de energía prohibida directa (Lannoo et al., 1996; Smith et al., 2005).

Esta deficiencia cuántica reducida del silicio trajo consigo, investigar y desarrollar materiales ópticamente activos, un caso especial fue el descubrimiento del Silicio Poroso (SP) por Uhlir en 1957. Actualmente se han creado diferentes métodos para la síntesis de las nanopartículas de silicio como lo son las técnicas de electroquímica (Uhlir, 1956).

El uso actual de los diferentes compuestos orgánicos para los dispositivos optoelectrónicos es de una gran metodología es por ello que la familia de ftalocianinas ha sido objeto de investigación para aplicaciones optoelectrónicas (Gou et al., 2016; Kiran et al., 2017).

Las películas delgadas de ftalocianinas son depositadas mediante una técnica de evaporación térmica obteniendo uniformidad y propiedades físicas destacables como: Neghabi y colaboradores realizaron un estudio, donde querían determinar la irradiación gamma en películas delgadas de ftalocianinas, obteniendo propiedades interesantes en las caracterizaciones estructurales, ópticas y electrónicas. Neghabi realizó una innovación en las temperaturas de recocidos de estas películas en un intervalo de 70 a 150° C (Vickers, 2017).

En el presente trabajo de investigación, realiza un estudio de las propiedades ópticas, y morfológicas del silicio poroso con una película delgada de ftalocianina de Erbio, utilizando técnicas innovadoras de depósito.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Síntesis del silicio poroso (PS):

El SP fue preparado por la técnica de electro-anodización controlada para esto se siguieron una serie de pasos que a continuación se indican (Romero Paredes. G et al., n.d.).

- Se utilizó una oblea de silicio cristalino tipo p, de 1-3 Ωcm con un espesor de 280 $\mu\text{m} \pm 20\mu\text{m}$ y orientación cristalina (1 0 0); este tipo de obleas tiene una mejor conducción de corriente propiciando una reacción química eficiente. Cuando se utilizan obleas tipo n, es necesario utilizar radiación UV para excitar y generar mayor flujo de corriente.
- Preparar una solución acuosa de agua desionizada (182 $\mu\Omega$ de resistencia) con nitrato de plata al 0.002 mol.
- Preparar una solución acuosa de 20 ml de agua desionizada con 2 ml de HF (ácido fluorhídrico), acetona y metanol.
- A la oblea de silicio se realiza un proceso de limpieza, eliminando polímeros que los fabricantes colocan, esto a fin de evitar que se forme una capa de óxido. Este proceso se realizado con 3 sustancias (agua desionizada, acetona y metanol), cuando se termina de hacer la limpieza el silicio se vuelve hidrofóbico.
- Preparar una solución acuosa para hacer el depósito de nanopartículas de plata está haciendo una solución de 50ml de nitrato de plata con molaridad de 0.002 mola, 1.75 ml de peróxido de hidrogeno y 1 ml de HF.
- Nuestra solución de grabado se crea con 50ml de agua desionizada 7 ml de peróxido de hidrogeno y 4 ml de HF.
- Los sustratos son sometidos durante 1 y 5 minutos en la solución de grabado y 30 segundos en la solución con nanopartículas de plata (Ver figura 1a).

Síntesis de ftalocianina de erbio:

- La ErPc (ftalocianina de erbio) se obtuvo siguiendo un nuevo protocolo de síntesis usando un prototipo de reactor solar (Garzon-Roman et al., 2020) partir de 1,2 dicanobenceno [$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CN})_2$] (2.0g, 1.56×10^{-2} mol), acetato de erbio ($\text{Er}(\text{OOCCH}_3)_3$) (1,79 g, $5,20 \times 10^{-3}$ mol), urea [H_2NCONH_2] como fuente de nitrógeno

- ($0,4g,7,82 \times 10^{-3}mol$) y 1,8dizabicyclo [5, 4, 0] undeca-7-eno-DBN- $[CsH_{10}NCNC_4H_6]$ como promotor de la formación de 1 macrociclo (100 ml de DBN).
- Posteriormente el matraz se colocó en un reactor solar de 3 lentes de Fresnel provisto de una atmosfera inerte y la lente se enfocó para elevar la temperatura del matraz a $180^{\circ}C$, se midió utilizando un sensor infrarrojo (IR) retorno durante un periodo de 330s.
 - La purificación de la ftalocianina se llevó a cabo mediante extracción Soxhlet con diferentes disolventes para eliminar todas las impurezas solubles.

Depósito de película delgada de ftalocianina de erbio:

Para realizar el depósito de películas delgadas de la ftalocianina, es necesario realizar los siguientes pasos:

- La solución que utilizamos con la técnica de espray pirolisis ultrasónico (USP – Ver figura 1b) es la siguiente: 100 ml de Metanol, 10 mg de ftalocianina de erbio.
- Realizar mezclado en baño ultrasónico por 10 min hasta obtener una solución homogénea.
- Para fijar el sustrato de PS (1 y 10 min) en la parrilla (Ver figura 1b) se utiliza cinta kapton, debido que soporta altas temperaturas y no deja residuos.
- El depósito de la ftalocianina de erbio utiliza 20 ml de solución de metanol y ftalocianina a una distancia de 14 cm.



Figura 1 a) obtención de silicio poroso por electro anodización y b) deposito de película delgada de ftalocianina de erbio sobre sustrato de silicio poroso.

Resultados y Discusión.

Los sustratos de silicio poroso para ser utilizado como sustratos fueron sometidos a la técnica de espectrometría RAMAN. La figura 2 muestra el espectro Raman de los sustratos de silicio poroso (1 y 5 minutos). En posible observar un aumento en

el pico de intensidad atribuido a la diferencia en tiempo de grabado al igual como es reportado por Ragavendran y colaboradores (Venkatesan et al., 2019). Esto nos permite saber la calidad del silicio poroso obtenido.

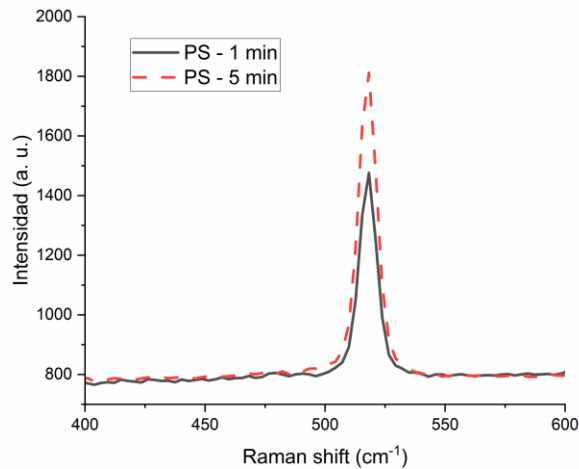


Figura 2 a) Espectro de espectrometría RAMAN de los sustratos de silicio poroso de 1 y 5 minutos.

La figura 3 muestra las micrografías SEM de los sustratos de silicio poroso de 1 y 5 minutos, presentando morfologías similares. Sin embargo, el tamaño del poro tiene una pequeña variación; la figura 3a tiene tamaños de poro que van de los 20 nm hasta los 35 nm de diámetro. Mientras que la figura 3b es posible observar menor cantidad de poros al igual que tamaños más grandes que van desde los 37 nm hasta 60 nm de diámetro. Esto es atribuido al tiempo que fue dejado cada uno de los sustratos de silicio en el grabado (1 y 5 minutos).

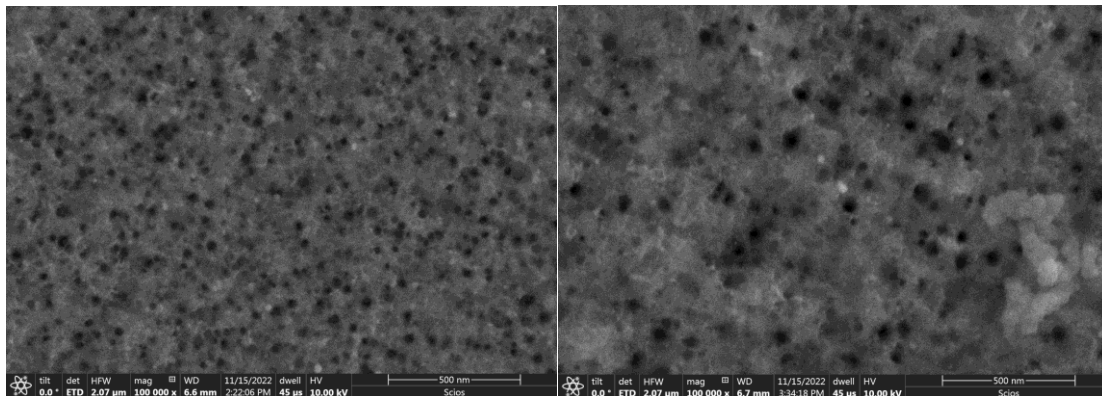


Figura 3 micrografías SEM de los sustratos de silicio poroso a) 1 minuto y b) 5 minutos

La figura 4 muestra las micrografías SEM de las películas delgadas de ftalocianina de erbio depositadas sobre sustratos de silicio poroso (1 y 5 minutos). La figura 4a se observa una aglomeración de 400 nm de diámetro proveniente de condensación a la hora de realizar el depósito, también se puede observar que la mayor cantidad de poros ha sido cubierta dejando una superficie irregular. En la figura 4b Los poros son cubiertos en su totalidad por la ftalocianina de erbio mostrando una película

delgada más uniforme y probablemente tenga mejor respuesta a excitaciones externas.

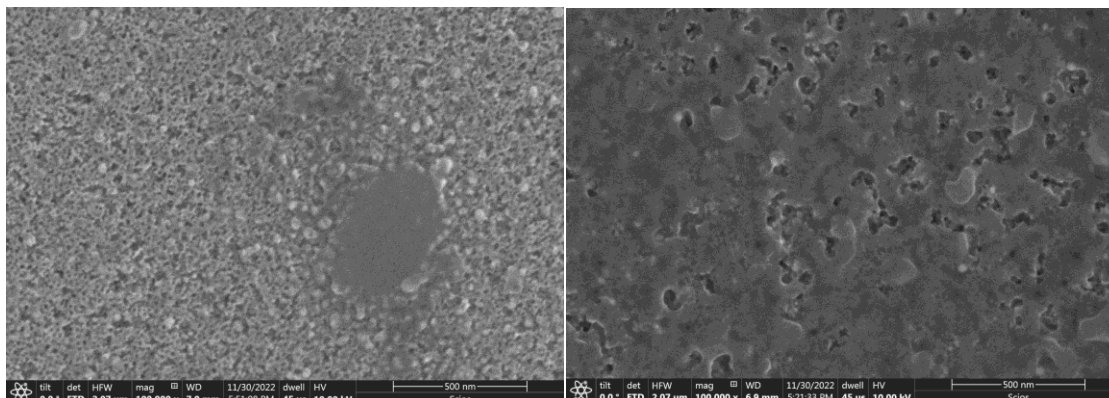


Figura 4 Micrografías SEM de películas delgadas de ftalocianina de erbio depositadas sobre sustratos de silicio poroso a) 1 minuto y b) 5 minutos

La figura 5 muestra los espectros de fotoluminiscencia pertenecientes a las películas delgadas de ftalocianina de erbio depositadas sobre sustratos de silicio poroso (1 y 5 minutos). Es importante recordar que los espectros del silicio poroso se presentan en un rango de 500 a 750 nm, tal cual lo mencionan Romero y colaboradores Romero et al., (2023). En nuestros espectros están presentando una curva entre 600 y 700 nm. Sin embargo, al depositar la película delgada de ftalocianina de erbio (ErPc) este espectro es modificado en su totalidad mostrando una característica propia de las ftalocianinas, las bandas Soret (B) y bandas Q (De et al., 2015). Esta última tiene un efecto llamado división de Davydov (Hollebone & Stillman, 1974), provocando esta separación. En la figura 5a las bandas B, Q1 y Q2 son observadas en las longitudes de onda 432, 702 y 832 nm respectivamente. Mientras que en la figura 5b son observadas en 431, 699 y 821 nm respectivamente. Un pequeño corrimiento es observado, atribuido a estas aglomeraciones y distribución de la película delgada de ErPc mostradas en las micrografías SEM.

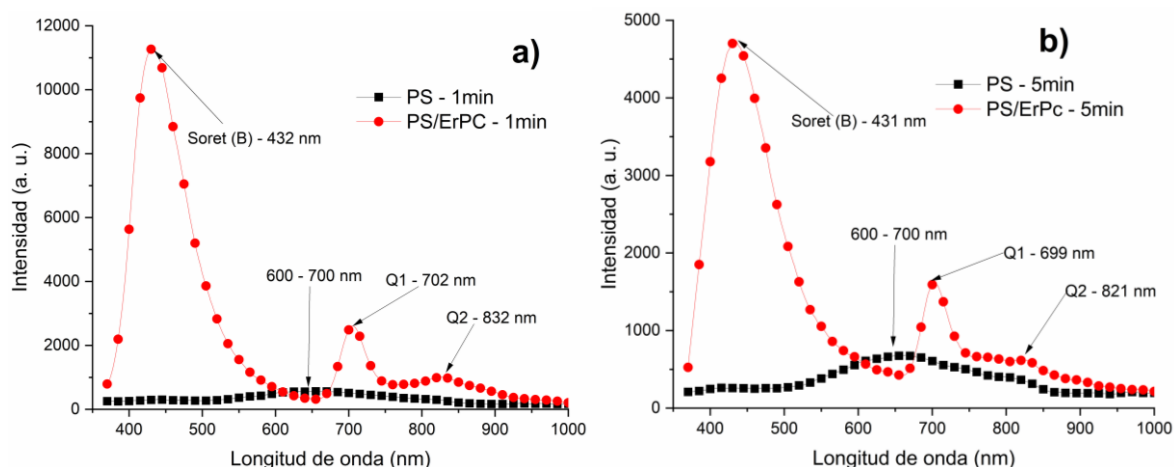


Figura 5 Espectros de fotoluminiscencia de las películas delgadas de ftalocianina de erbio depositadas sobre sustratos de silicio poroso(a)1 y b) 5 min).

Conclusiones.

Se presentan tres procesos diferentes en la síntesis de materiales. En primer lugar, se describe la preparación de silicio poroso mediante la técnica de electroanodización controlada con una oblea de silicio cristalino tipo p, seguida del depósito de nanopartículas de plata. En segundo lugar, se presenta un nuevo protocolo de síntesis de ftalocianina de erbio utilizando un reactor solar y extracción Soxhlet para la purificación. En tercer lugar, se detalla el depósito de películas delgadas de ftalocianina de erbio mediante la técnica de espray pirolisis ultrasónico en sustratos de silicio poroso (1 y 5 minutos). Finalmente, se realizaron las caracterizaciones de las películas delgadas de ftalocianina de erbio sobre sustratos de silicio poroso, con espectrometría RAMAN, Fotoluminiscencia y micrografías SEM para evaluar la calidad de estas películas sobre sustratos de silicio poroso. En conjunto, estos procesos son útiles para la obtención de materiales semiconductores con propiedades ópticas interesantes para su futura implementación como dispositivos optoelectrónicos.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) por prestar laboratorio, reactivos y equipo de caracterización. También agradecemos al Laboratorio de Síntesis de Semiconductores Orgánicos (LaSSO), por la síntesis de ftalocianina de erbio.

Referencias

- De, M., Fin, T., Sant, G., D'alacant, J., & Gomis, M. S. (2015). *Facultad de farmacia grado en farmacia síntesis y caracterización de ftalocianinas de silicio como percursoros de fármacos para terapia fotodinámica contra el cáncer*.
- Garzon-Roman, A., Cuate-Gomez, D. H., Zuñiga-Islas, C., Sosa-Sanchez, J. L., & Lopez-Huerta, F. (2020). Erbium phthalocyanine on porous silicon: Morphological, optical, and electrical characterization, for its possible application as a photodetector. *Sensors and Actuators A: Physical*, 315, 112309. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2020.112309>
- Gou, H., Wang, G., Tong, Y., Tang, Q., & Liu, Y. (2016). Electronic and optoelectronic properties of zinc phthalocyanine single-crystal nanobelt transistors. *Organic Electronics*, 30, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.orgel.2015.12.019>
- Hollebone, B. R., & Stillman, M. J. (1974). Observation of Davydov splitting in the MCD spectra of a metal-free phthalocyanine. *Chemical Physics Letters*, 29(2), 284–286. [https://doi.org/10.1016/0009-2614\(74\)85032-3](https://doi.org/10.1016/0009-2614(74)85032-3)
- Kiran, M. R., Ulla, H., Satyanarayan, M. N., & Umesh, G. (2017). Optoelectronic properties of hybrid diodes based on vanadyl-phthalocyanine and zinc oxide. *Superlattices and Microstructures*, 112, 654–664. <https://doi.org/10.1016/j.spmi.2017.10.023>
- Lannoo, M., Delerue, C., & Allan, G. (1996). Theory of radiative and nonradiative transitions for semiconductor nanocrystals. *Journal of Luminescence*, 70(1-6 SPEC. ISS.). [https://doi.org/10.1016/0022-2313\(96\)00053-1](https://doi.org/10.1016/0022-2313(96)00053-1)
- Romero Paredes, G, Peña Sierra, R, & Castillo Cabrera, G. (n.d.). *Fabricación y caracterización de diodos electro-luminiscentes de silicio poroso*. Retrieved March 21, 2023, from <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmf/v48n2/v48n2a2.pdf>
- Smith, A., Yamani, Z. H., Roberts, N., Turner, J., Habbal, S. R., Granick, S., & Nayfeh, M. H. (2005). Observation of strong direct-like oscillator strength in the photoluminescence of Si

- nanoparticles. *Physical Review B*, 72(20), 205307. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.72.205307>
- Uhlir, A. (1956). Electrolytic Shaping of Germanium and Silicon. *Bell System Technical Journal*, 35(2), 333–347. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1956.tb02385.x>
- Venkatesan, R., Mayandi, J., Pearce, J. M., & Venkatachalapathy, V. (2019). Influence of metal assisted chemical etching time period on mesoporous structure in as-cut upgraded metallurgical grade silicon for solar cell application. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(9), 8676–8685. <https://doi.org/10.1007/s10854-019-01191-6>
- Vickers, N. J. (2017). Animal Communication: When I'm Calling You, Will You Answer Too? *Current Biology*, 27(14), R713–R715. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.064>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

DISEÑO 3D DE UN REACTOR SOLAR DE BAJO COSTO PARA LA SÍNTESIS DE MATERIALES.

C. A. Del Rivero Estrada¹, D. H. Cuate Gómez², J. L. Sosa Sánchez³, A. Garzon Roman⁴.

¹Universidad Interamericana A.C. Departamento de ingeniería, Lateral Sur de la Vía Atlíxcáyotl #7007, Municipio de San Andrés Cholula, Puebla. a000003641@lainter.edu.mx

²Instituto Tecnológico Superior Campus Progreso, Blvd. Tecnológico de Progreso S/N, Centro, 97320 Progreso, Yucatán. - dhcq.inv@gmail.com

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores del instituto de ciencias (CIDS-ICUAP) Av San Claudio s/n, Cd Universitaria, La Hacienda, 72592 Puebla, Pue. jose.sosa@correo.buap.mx

⁴Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Calle Luis Enrique Erro, Santa María Tonantzintla, Puebla, C.P 72840- abelgr@inaoep.mx

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: Los reactores de síntesis solar son dispositivos que utilizan la energía solar para producir hidrógeno y otros productos químicos a partir de la disociación del agua. El hidrógeno es una fuente de energía renovable que no emite gases de efecto invernadero y puede ser utilizado para alimentar vehículos, hogares e industrias. La producción de hidrógeno mediante reactores de síntesis solar es un proceso limpio y sostenible, ya que la energía utilizada proviene directamente del sol y no produce emisiones contaminantes. A pesar de que la investigación en este campo continúa siendo un área activa y emocionante de la ciencia, los diseños de los reactores cuentan con patentes, lo que dificulta el acceso a esta tecnología. Para abordar este problema, se ha propuesto el diseño 3D de un reactor solar con lente de Fresnel de acceso libre, que puede ser impreso utilizando la tecnología de impresión 3D, debido a que es una tecnología que ha revolucionado la forma en que se diseñan y producen objetos en diversos campos.

Introducción.

Los reactores de síntesis solar son un tipo de reactor que utiliza la energía solar mayormente utilizados para producir hidrógeno y otros productos químicos a partir de la disociación del agua. El hidrógeno es una fuente de energía renovable que no emite gases de efecto invernadero y puede ser utilizado para alimentar vehículos, hogares e industrias. Además, la producción de hidrógeno utilizando estos reactores es un proceso limpio y sostenible, ya que la energía utilizada proviene directamente del sol y no produce emisiones contaminantes.(Agrafiotis et al., 2007a)

La investigación en el campo de los reactores de síntesis solar sigue siendo un área activa y emocionante de la ciencia. La optimización del diseño de los reactores, la mejora de los materiales utilizados en su construcción y la investigación en nuevos procesos químicos son algunas de las áreas en las que se está trabajando actualmente.(Agrafiotis et al., 2007b) Además, la utilización de los reactores de síntesis solar en la producción de hidrógeno y otros productos químicos puede ayudar a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la ONU.(Steinfeld et al., 1998) Sin embargo, los diseños de estos reactores cuentan con patentes, haciéndolos de difícil acceso para la investigación. Por ello se toma la decisión de realizar un diseño 3D de acceso libre y que cualquier persona pueda armar el suyo.

La impresión 3D es una tecnología que ha cambiado la forma en que se diseñan y producen objetos en una amplia gama de campos, desde la ingeniería y la arquitectura hasta la medicina y la moda. Esta tecnología utiliza modelos digitales para crear objetos tridimensionales utilizando una amplia variedad de materiales, incluyendo plásticos, metales, resinas y cerámica, entre otros.(Zakari et al., 2022) La impresión 3D se basa en el concepto de fabricación aditiva, que se refiere al proceso de agregar material capa por capa para construir un objeto en lugar de tallar o moldear una pieza a partir de un bloque sólido. Esta tecnología ha evolucionado significativamente desde su creación en la década de 1980 y ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años debido a la reducción de costos y la mejora en la calidad y capacidad de las impresoras 3D. En el campo de la ingeniería, la impresión 3D se utiliza para crear prototipos y piezas personalizadas con gran precisión. Esto ha reducido significativamente el tiempo y los costos de desarrollo de productos, permitiendo a las empresas llevar productos al mercado de manera más rápida y eficiente.(Yan et al., 2018)

Es por ello que en el presente artículo se realizará el diseño 3D de un reactor solar con lente de Fresnel para aminorar costos en la producción de estos reactores. Así también, proporcionar el kit del modelado 3D para que cualquier persona pueda imprimir su reactor, otorgando el fácil acceso.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se toma la decisión de utilizar AutoCAD, debido a que es una de las herramientas más populares utilizadas para la creación de diseños 3D en una variedad de campos. Una de las principales razones por las que AutoCAD es tan efectivo para crear diseños 3D es su capacidad para generar modelos precisos y detallados. Los diseños creados en AutoCAD permiten a los diseñadores visualizar sus ideas y conceptos en un formato tridimensional, lo que les permite evaluar el diseño desde diferentes ángulos y perspectivas. Otra ventaja clave de utilizar AutoCAD es la capacidad de colaborar y compartir diseños con otros miembros del equipo. Finalmente, y la principal razón de utilizar AutoCAD es porque cuenta con licencia para estudiantes, permitiendo utilizarlos sin necesidad de pagar por su uso.

Para obtener el diseño del reactor se utilizó la impresora Ultimaker 3; es una impresora 3D de alta calidad que ofrece una amplia variedad de características y funcionalidades que la convierten en una herramienta indispensable para cualquier entusiasta de la impresión en 3D o profesional en la industria. Esta impresora utiliza la tecnología FFF (Fused Filament Fabrication) y es capaz de imprimir con una amplia variedad de materiales, incluyendo PLA, ABS, Nylon y PET. Además, la Ultimaker 3 cuenta con dos extrusoras, lo que permite la impresión de modelos complejos con soporte soluble, aumentando así la calidad y la precisión de las impresiones.

Como se acaba de mencionar existen diferentes materiales para ser utilizados en la impresora 3D, sin embargo, se tomó la decisión de usar el acrilonitrilo butadieno

estireno, comúnmente conocido como ABS. Es un material termoplástico utilizado en una amplia variedad de aplicaciones. Se compone de tres monómeros principales: acrilonitrilo, butadieno y estireno, y su fórmula química es $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$. Una de las principales ventajas del ABS es su capacidad para resistir impactos y choques, lo que lo hace ideal para su uso en la fabricación de piezas que necesitan una alta resistencia y durabilidad. Además, el ABS también es resistente a la abrasión y a la corrosión, lo que lo hace una opción ideal para piezas expuestas a ambientes agresivos. Otra ventaja del ABS es su facilidad de procesamiento, lo que permite su moldeo por inyección y extrusión. Esto significa que puede ser moldeado en una amplia variedad de formas y tamaños, lo que lo hace ideal para la producción en masa de piezas. (Su & Al'Aref, 2018).

Finalmente, una de las piezas principales para este proyecto es la reducción de costos del reactor solar. Sin embargo, la síntesis solar enfrenta desafíos en términos de eficiencia y costo. Para superar estos desafíos, se han desarrollado varias tecnologías, entre ellas las lentes de Fresnel. Las lentes de Fresnel son una alternativa económica y eficiente a las lentes convencionales debido a su diseño plano y su capacidad para enfocar la luz solar en un punto focal. Además, las lentes de Fresnel también permiten una mayor flexibilidad en el diseño del reactor, lo que facilita la integración con otras tecnologías. (Gürda et al., 2001; Li et al., 2006; Suzuki & Wilkie, 1995; Xie et al., 2011).

Resultados y Discusión.

Para crear este prototipo fue necesario educarse con los concentradores solares. Observando que todos tienen el mismo principio, concentrar la radiación solar en un punto focal como se puede ver en la figura 1. La figura 1a muestra un cristal que recubre la lente de Fresnel. La lente de Fresnel por su diseño permite una mayor concentración de radiación a una distancia focal (ver figura 2). Como se mencionó anteriormente; la principal ventaja de las lentes de Fresnel es su construcción plana y delgada, lo que las hace más ligeras y fáciles de transportar que las lentes convencionales de vidrio. Esto se debe a que, en lugar de tener una superficie curva como una lente convexa, las lentes de Fresnel están hechas de una serie de prismas pequeños, que permiten enfocar la luz de manera similar a una lente curva. Además de su tamaño y peso reducidos, las lentes de Fresnel también tienen una mayor eficiencia óptica que las lentes convencionales, ya que la luz que pasa a través de una lente de Fresnel se refracta en ángulos muy pequeños, lo que reduce la cantidad de luz que se pierde en la reflexión interna. (Toledo et al., 2012)

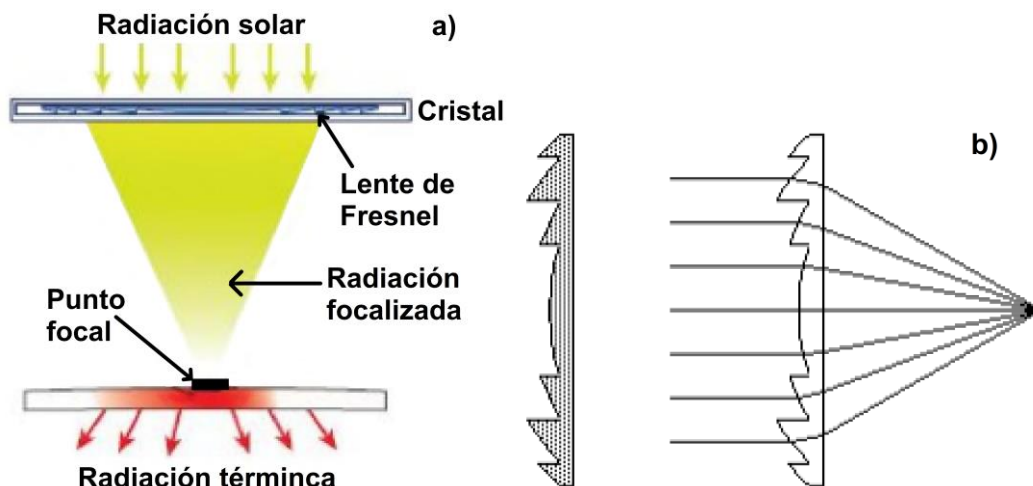


Figura 1. a) Esquema básico de concentradores solares convencionales y b) sección transversal de una lente de Fresnel.

A continuación, en la figura 2 se presentan las partes diseñadas para realizar el reactor de síntesis solar. Las medidas donde estará ubicado el lente de Fresnel (Ver figura 2a) es de 32X32 cm (largo y ancho) y 1.5 cm de espesor. Los pilares (Ver figura 2b) tienen 33.49X1.5 cm (largo y ancho) y un espesor de 1.5 cm. el espacio donde se colocará el recipiente de reacción química tiene forma de cubo y cada uno de sus lados mide 18 cm, sin embargo, el ancho de estos lados es de 1cm y un espesor de 1.5 cm (Ver figura 2c).

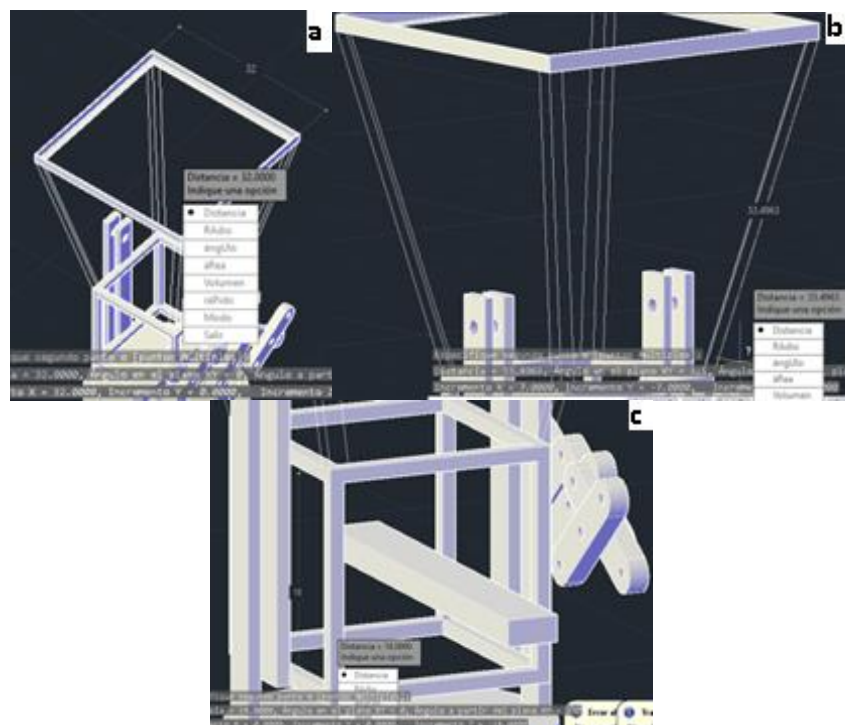


Figura 2. a) Vista superior de reactor solar, b) pilares que soportan el Lente de Fresnel y c) Lugar donde se colocará el recipiente de las reacciones químicas.

También se cuenta con una parte móvil tipo pantógrafo con esta se logra controlar la temperatura de reacción, esto gracias a la facilidad de cambiar el punto focal de nuestra lente de Fresnel. Esta parte móvil consta de 6 pilares de 13 cm cada uno con una anchura de 3 cm, además cuenta con 3 orificios de 0.5 cm de diámetro (Ver figura 3a). Finalmente se cuenta con un soporte que puede girar 360° en los ejes "X, Y" y 120° en el eje "Z". Este soporte consta de 2 bases una de 25 cm y otra de 28.5 cm de diámetro, permitiendo ser anclada a una superficie plana y evitar movimientos inesperados.

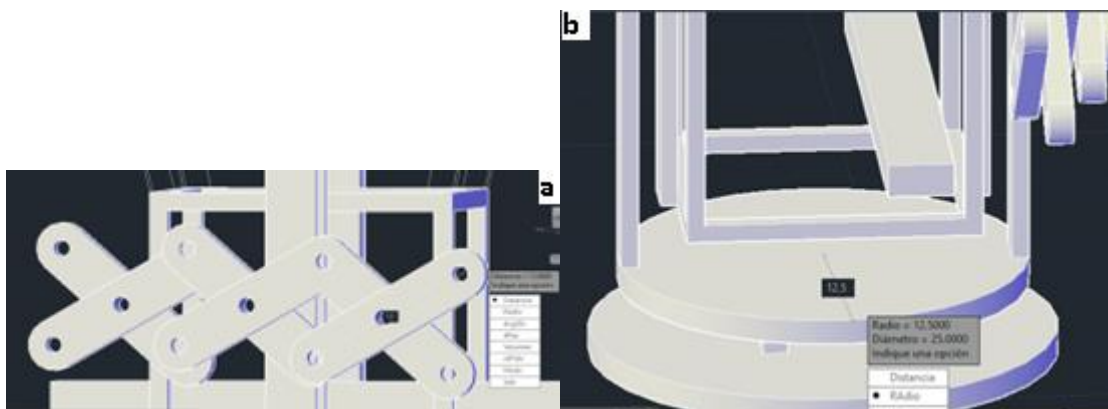


Figura 3 a) Parte móvil tipo pantógrafo y b) soporte con capacidad de girar.

Finalmente, la imagen 4 muestra el armado del diseño del prototipo del reactor de síntesis solar. Mostrando 4 partes principales dentro de este diseño: Cavity donde se colocará la lente de Fresnel, Pilares que soportaran tanto la cavity y el lente de Fresnel, espacio donde se colocaran los recipientes para realizar las reacciones químicas, partes móviles tipo pantógrafo que ayudarán a cambiar el punto focal reduciendo o aumentando la temperatura de reacción y una base que permitirá girar y enfocar la radiación solar.

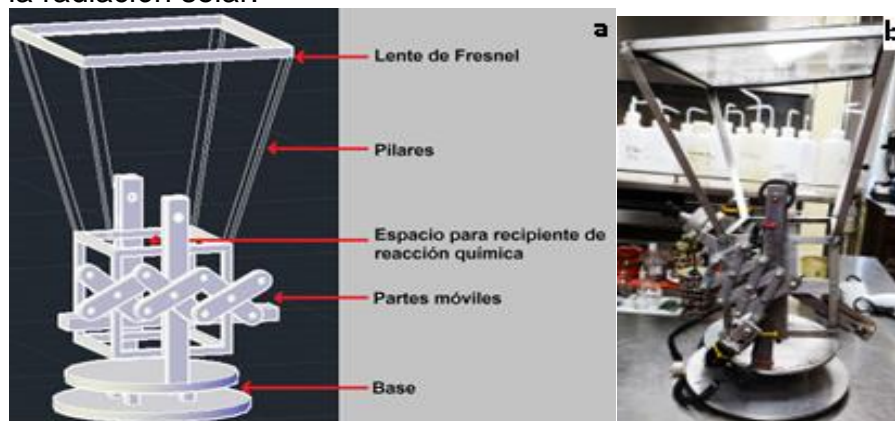


Figura 4. a) Diseño 3D del prototipo armado del reactor de síntesis solar y b) Prototipo de reactor de síntesis solar.

Conclusiones.

La importancia de utilizar herramientas de diseño 3D precisas y detalladas permiten desarrollar prototipos a menor costo. Asimismo, la utilidad de la impresora 3D, capaz de imprimir con una amplia variedad de materiales como el ABS, elegido por su resistencia a impactos y durabilidad, facilidad de procesamiento y capacidad de moldeo en una amplia variedad de formas y tamaños. Es por ello que destacamos la importancia de la reducción de costos en el diseño del reactor solar.

Para la creación del reactor de síntesis solar, se utilizó la técnica de concentración de radiación solar en un punto focal mediante lentes de Fresnel, que son más eficientes ópticamente y más ligeras y fáciles de transportar que las lentes convencionales de vidrio. El diseño del prototipo del reactor incluye una cavidad para la lente de Fresnel, pilares que soportan la cavidad y el lente, un espacio para colocar los recipientes de reacción química, partes móviles tipo pantógrafo para controlar la temperatura de reacción y una base giratoria que permite enfocar la radiación solar. En conjunto, estos componentes permiten la creación de un reactor de síntesis solar eficiente y transportable para la producción de sustancias químicas.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Laboratorio de Síntesis de Semiconductores Orgánicos (LaSSO) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por prestar espacio de trabajo. También agradecemos a la Universidad Interamericana A. C. por facilitar los insumos y equipo de impresión 3D.

Referencias

- Agrafiotis, C. C., Pagkoura, C., Lorentzou, S., Kostoglou, M., & Konstandopoulos, A. G. (2007a). Hydrogen production in solar reactors. *Catalysis Today*, 127(1–4), 265–277. <https://doi.org/10.1016/J.CATTOD.2007.06.039>
- Agrafiotis, C. C., Pagkoura, C., Lorentzou, S., Kostoglou, M., & Konstandopoulos, A. G. (2007b). Hydrogen production in solar reactors. *Catalysis Today*, 127(1–4), 265–277. <https://doi.org/10.1016/J.CATTOD.2007.06.039>
- Gürda, G., Güçlü, G., & Özgümü, S. (2001). Graft copolymerization of acrylic acid onto cellulose: Effects of pretreatments and crosslinking agent. *Journal of Applied Polymer Science*, 80(12), 2267–2272. <https://doi.org/10.1002/APP.1331>
- Li, Y. N., Sun, Y., Deng, X. H., Yang, Q., Bai, Z. Y., & Xu, Z. Bin. (2006). Graft polymerization of acrylic acid onto polyphenylene sulfide nonwoven initiated by low temperature plasma. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(6), 5884–5889. <https://doi.org/10.1002/APP.25007>
- Steinfeld, A., Brack, M., Meier, A., Weidenkaff, A., & Wüillemin, D. (1998). A solar chemical reactor for co-production of zinc and synthesis gas. *Energy*, 23(10), 803–814. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(98\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(98)00026-7)
- Su, A., & Al'Aref, S. J. (2018). History of 3D Printing. *3D Printing Applications in Cardiovascular Medicine*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803917-5.00001-8>
- Suzuki, M., & Wilkie, C. A. (1995). Graft copolymerization of methacrylic acid and acrylamide onto acrylonitrile-butadiene-styrene terpolymer by photoinduced hydroperoxide. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 33(7), 1025–1029. <https://doi.org/10.1002/POLA.1995.080330704>

- Toledo, C. G., Ortiz, J. V. G., Wallhead, I., Toledo, I. G., & Jiménez, T. M. (2012). Design of an efficient Fresnel-type lens utilizing double total internal reflection for solar energy collection. *Optics Express*, Vol. 20, Issue S6, Pp. A1005-A1010, 20(106), A1005–A1010. <https://doi.org/10.1364/OE.20.0A1005>
- Xie, W. T., Dai, Y. J., Wang, R. Z., & Sumathy, K. (2011). Concentrated solar energy applications using Fresnel lenses: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2588–2606. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2011.03.031>
- Yan, Q., Dong, H., Su, J., Han, J., Song, B., Wei, Q., & Shi, Y. (2018). A Review of 3D Printing Technology for Medical Applications. *Engineering*, 4(5), 729–742. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2018.07.021>
- Zakari, A., Khan, I., Tan, D., Alvarado, R., & Dagar, V. (2022). Energy efficiency and sustainable development goals (SDGs). *Energy*, 239, 122365. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.122365>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DISEÑO 3D DE UN ESPECTRÓMETRO DE BAJO COSTO UTILIZANDO (ÁCIDO POLILÁCTICO) PLA

D. Menendez-Latapi¹, D. H. Cuate-Gómez² Y R. I. Álvarez-Tamayo³

¹ Universidad Interamericana A.C. departamento de Ingeniería, lateral sur de la vía Atlixcáyotl #7007, municipio de San Andres Cholula, Puebla
diego.menla@hotmail.com

² Instituto Tecnológico Superior Campus Progreso –
dhcg.inv@gmail.com

³ Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) –
ricardoivan.alvarez01@upaep.mx

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: En el presente artículo explicamos la importancia de los espectrómetros en diversas disciplinas científicas como la física, la química, la biología y la medicina, permitiendo analizar la luz emitida o absorbida por materiales y sustancias para obtener información detallada sobre su composición y estructura molecular. La tecnología 3D ha revolucionado la producción de objetos, permitiendo la creación de modelos y productos de manera más eficiente y personalizada a través de la impresión 3D. Sin embargo, estos equipos son de alto costo para muchos centros de investigación o universidades limitando su accesibilidad, por lo que se diseñó y fabricó un espectrómetro de bajo costo utilizando tecnología 3D. En el presente trabajo se realiza el diseño e impresión 3D en ácido poliláctico de un espectrómetro reduciendo los costos en más de un 70% comparado con el mercado actual.

Introducción.

Los espectrómetros son herramientas fundamentales en una gran variedad de disciplinas científicas, desde la física y la química hasta la astronomía y la biología. Estos instrumentos permiten analizar la luz emitida o absorbida por materiales y sustancias, lo que proporciona información detallada sobre su composición y estructura molecular. La capacidad de los espectrómetros para detectar y medir la luz en diferentes longitudes de onda ha revolucionado la forma en que entendemos el mundo que nos rodea y ha permitido avances significativos en áreas como la medicina, la ingeniería y la investigación ambiental (Campbell et al., 2016)

En la física, los espectrómetros se utilizan para estudiar las propiedades de la luz y cómo interactúa con la materia. La espectroscopía de rayos X, por ejemplo, se utiliza para estudiar la estructura cristalina de materiales sólidos, mientras que la espectroscopía de resonancia magnética nuclear se utiliza para estudiar la estructura molecular de compuestos orgánicos (Campbell et al., 2016)

En la química, los espectrómetros son herramientas esenciales para el estudio de la luz y la materia. La espectroscopía óptica, por ejemplo, se utiliza para estudiar la luz emitida por átomos y moléculas, lo que permite a los científicos identificar los elementos y compuestos presentes en una muestra. Esta técnica ha sido fundamental en el desarrollo de la química analítica (Dazzi & Prater, 2017)

En la biología y medicina, los espectrómetros se utilizan para estudiar la estructura y la función de moléculas biológicas, como proteínas y ácidos nucleicos. La espectroscopía infrarroja se utiliza para estudiar la estructura de proteínas y para detectar enfermedades como el cáncer y la diabetes. La espectroscopía de fluorescencia se utiliza para estudiar la interacción de moléculas biológicas, lo que permite a los científicos comprender mejor cómo funcionan los sistemas biológicos y desarrollar nuevos tratamientos médicos (Kulesa, 2011; Mantsch & McElhaney, 1990)

Ahora bien, la tecnología 3D han revolucionado la forma en que creamos y producimos objetos. La capacidad de crear modelos en 3D y producirlos de manera rápida y precisa ha permitido a los diseñadores e ingenieros desarrollar prototipos y productos finales de manera más eficiente y rentable. La impresión 3D también ha permitido a las empresas personalizar sus productos y ofrecer soluciones más específicas (Ngo et al., 2018)

La impresión 3D ha sustituido el fabricar piezas y objetos a través de métodos tradicionales, como el moldeo por inyección o el mecanizado CNC, la impresión en 3D utiliza una técnica de depósito de material aditivo, capa por capa, para crear objetos complejos y detallados. También ha permitido la personalización de productos; variando el diseño en tiempo real a través de Internet lo que permite ofrecer productos más específicos y personalizados. En la industria médica, por ejemplo, se ha utilizado para producir prótesis y dispositivos médicos para pacientes con necesidades específicas. En la industria aeroespacial, se ha utilizado para producir piezas de motores de aviones y cohetes que son más ligeras y más resistentes (Ngo et al., 2018)

Todo lo anterior nos muestra la importancia de los espectrómetros en diferentes áreas de estudio. Sin embargo, un equipo de este estilo no es asequible para todos por sus altos costos; esto da como resultado un rezago en los futuros descubrimientos. En este artículo buscamos realizar un espectrómetro de bajo costo utilizando tecnología 3D.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para el desarrollo del prototipo de espectrómetro es necesario utilizar las siguientes herramientas.

Se consideró el uso de AutoCAD, debido que tiene la posibilidad de pruebas gratis para estudiantes por un año, al mismo tiempo cuenta con una plataforma e interfaz intuitiva para el modelo de objetos en 3D. Esto permite que la creación de objetos o equipo sea fácil, sin olvidar que en internet existen videos para aprender desde cero. Otra ventaja es que cuenta con el formato (STL o OBJ) para trabajar en el programa Ultimaker Cura. Se trata de un software simple que permite elegir entre dos modos: el modo recomendado y el personalizado. El modo recomendado es particularmente adecuado para obtener el resultado de la impresión en un mínimo de clics sin tener que hacer cambios en los parámetros. El usuario puede definir parámetros básicos como la altura de las diferentes capas, la adhesión y las estructuras de soporte.

El equipo para realizar la impresión 3D es una Ultimaker 3. Es un modelo de alta gama que ofrece varias características y propiedades notables, incluyendo: Tecnología de impresión: Ultimaker 3 utiliza la tecnología Fused Filament Fabrication (FFF). Este método utiliza filamentos de plástico para crear piezas a partir de un modelo digital. Cuenta con dos extrusores, lo que permite la impresión simultánea de dos materiales diferentes o la creación de piezas con soportes solubles. La resolución de esta impresora es de hasta 20 micrómetros, lo que proporciona una alta calidad de impresión. Además, esta impresora tiene una gran capacidad de construcción con un volumen máximo de 215 mm x 215 mm x 300 mm. Es compatible con una amplia variedad de filamentos, incluyendo PLA, ABS, Nylon y TPU (Vijay et al., 2022). Así, es posible obtener grandes modificaciones en el diseño, como en sus ajustes avanzados de impresión, algunos de ellos pueden ser velocidad, tipo de material, calidad, paredes e incluso soportes (Herrmann et al., 2014)

Como fuente de alimentación de la impresora 3D (Filamento) se utilizará ácido poliláctico (PLA) el cual, es un bioplástico derivado de fuentes renovables, como el almidón de maíz y la caña de azúcar. Es una opción popular para la producción de envases y otros productos desechables, ya que es biodegradable y compostable, lo que significa que puede descomponerse de manera natural en el medio ambiente. Además, el PLA tiene propiedades similares al plástico convencional, como la transparencia, la rigidez y la resistencia térmica, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones. Debido a su origen natural, su capacidad de degradación y sus propiedades físicas, el PLA es una alternativa sostenible y ecológica a los plásticos convencionales (Pang et al., 2010)

El espectrómetro que se creó tiene una rejilla de difracción lineal de 1000 líneas (con longitudes de onda de 300 a 900 nm), la cual nos ayudará para obtener descomposición de la luz de entrada en diferentes longitudes de onda, separando de la luz policromática en sus componentes monocromáticos. Una ranura óptica permitirá controlar, por limitación, la cantidad de luz que viaja a través de la cavidad del espectrómetro. Una lente colimadora con acoplamiento a fibra óptica, nos permitirá generar un frente de onda plano de la luz incidente. Como elemento de captura, se ha utilizado una cámara Webcam comercial de la que fue retirado el filtro infrarrojo, de forma que se pudiera ampliar el rango de longitudes de onda de medición. La cavidad del espectrómetro cuenta con una tapa corrediza que asegura el aislamiento en la medición del espectro óptico de entrada a la luz exterior.

Resultados y Discusión.

El diseño del espectrómetro contará con cuatro partes móviles: Tapa, ranuras ópticas y el soporte de la rejilla de difracción. Es importante destacar este elemento de difracción y el soporte; esto por la necesidad de separar la luz en diferentes longitudes de onda en alta resolución. La figura 1^a muestra una rendija de difracción constituida por un número considerable de rendijas paralelas, próximas entre sí.

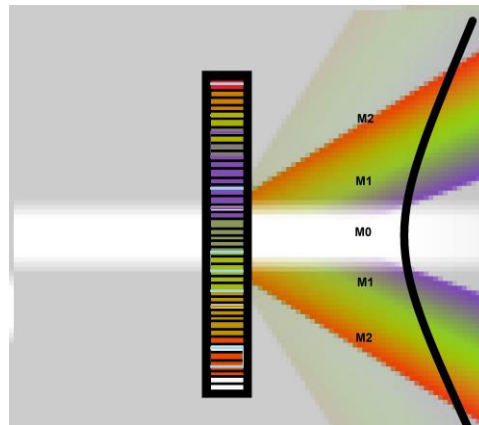


Figura 6 Rejilla de difracción

Es importante mencionar que el diseño de este espectrómetro es compacto de 17x7x7 cm (Alto, largo y altura respectivamente). Reduciendo aún más los costos de producción con el ahorro de material y más aún este equipo será fácil de transportar. En la figura 2 se observa la vista frontal del diseño 3D del espectrómetro, mostrando dos ranuras ópticas fijas, aumentando la precisión en las mediciones de intensidad. También se presentan ranuras ópticas móviles de 2.5 mm permitiendo una de ellas manipular el ángulo de la rejilla de difracción; logrando seleccionar diferentes longitudes de onda. Estas ranuras cuentan con tornillos milimétricos (machuelo) cuyo objetivo es fijar la posición de las ranuras, evitando desajustes inesperados.

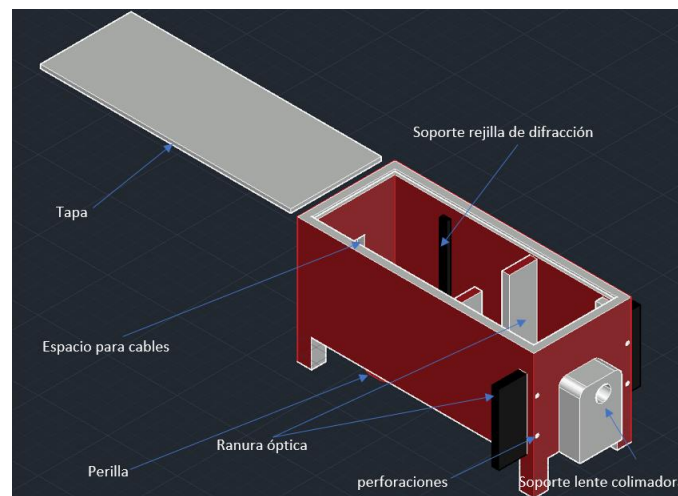


Figura 2 Componentes vista frontal

La figura 2 muestran una ranura para los cables a utilizar, así como un espacio dentro del equipo donde poder resguardarlos y hacer más estético el equipo. Para alimentar el espectrómetro se utilizará una fuente de luz blanca a pesar que podríamos utilizar un láser, esta decisión se toma para bajar los costos. Sin embargo, el espectro que se formara abarca de los 300 a 900 nm, es decir, todo el espectro visible. Como se muestra en la figura 3, para transportar la luz se utilizará acoplamiento de fibra óptica. Este acoplamiento permite el transporte de luz

evitando pérdidas de intensidad y ayudando a concentrar la luz en la rejilla de difracción; mejorando los espectros de intensidad del espectrómetro. Además, contará con una lente colimadora, ayudando a la luz avanzar linealmente, disminuyendo la dispersión en la rejilla de difracción. Para graficar el espectro utilizaremos el software libre Theremino Spectrometer.

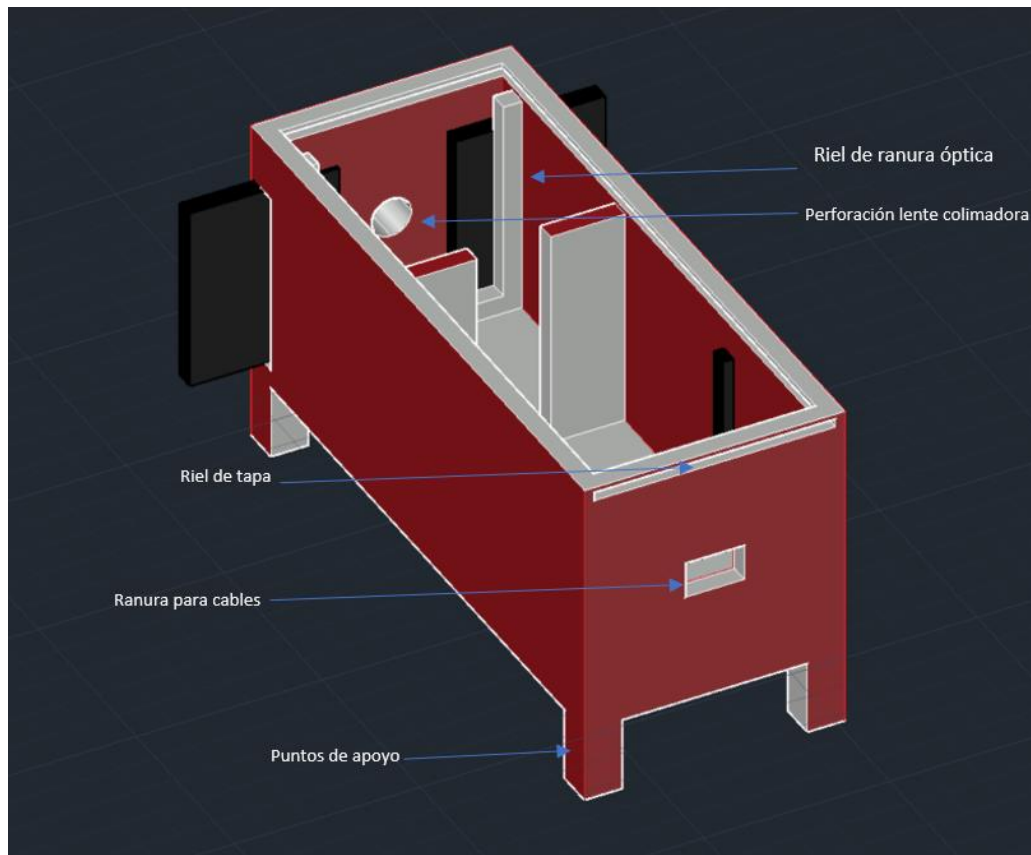


Figura 3 vista trasera

Finalmente, después de realizar el diseño 3D se procede a realizar la impresión en la Ultimaker 3. La figura 4a) muestra el tiempo y material que nos tomaría realizar dicha impresión tomando 8 horas con 6 minutos y una cantidad de 16.33 metros de filamento. La figura 4b) muestra los diseños de la tapa. Rodillo, ranuras ópticas y 4 bases tomando un tiempo de 3 horas con 33 minutos y una cantidad de 6.4 metros de filamento. La figura 4c) presenta el diseño del soporte de la rejilla de difracción con un tiempo de 20 minutos y 0.43 metros de filamento. Esto quiere decir que realizar esta impresión nos tomaría un tiempo de 11 horas con 53 minutos y una cantidad de filamento 23.16 metros. Si un carrete de 1kg de PLA de 1.75 mm tiene 334 metros el costo aproximado de impresión es muy bajo, en comparación con los instrumentos comerciales.

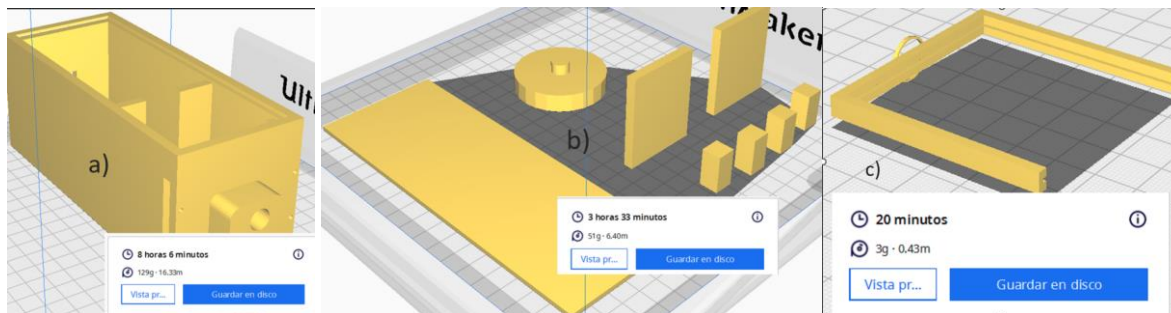


Figura 4. a) Cuerpo del espectrómetro, b) tapa. Rodillo, ranuras ópticas, 4 bases y c) Soporte de rejilla de difracción

Conclusiones.

El diseño 3D del espectrómetro presentado cuenta con cuatro partes móviles, incluyendo la tapa, las ranuras ópticas y el soporte de la rejilla de difracción. La rejilla de difracción y su soporte son elementos clave para separar la luz en diferentes longitudes de onda con alta resolución. El diseño compacto de 17x7x7 cm reduce los costos de producción y lo hace fácil de transportar. Las ranuras ópticas móviles permiten manipular el ángulo de la rejilla de difracción para seleccionar diferentes longitudes de onda. La utilización de una fuente de luz blanca y fibra óptica con núcleo de cristal para transportar la luz mejora los espectros de intensidad. Para interpretar las intensidades de luz, se utiliza una cámara web DELL con filtro infrarrojo removido y el software libre Theremino Spectrometer para graficar el espectro. La impresión 3D del espectrómetro en Ultimaker 3 tomaría 11 horas y 53 minutos y costaría alrededor de \$1000 pesos por equipo. En general, el diseño del espectrómetro presenta un enfoque innovador, compacto y de bajo costo para la medición de la intensidad luminosa y la separación de la luz en diferentes longitudes de onda con alta resolución.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Popular Autónoma de Puebla (UPAEP) por permitirnos el acceso a su laboratorio de óptica y de impresión 3D.

Referencias

- Campbell, P., Moore, I. D., & Pearson, M. R. (2016). Laser spectroscopy for nuclear structure physics. *Progress in Particle and Nuclear Physics*, 86, 127–180. <https://doi.org/10.1016/j.pnnp.2015.09.003>
- Dazzi, A., & Prater, C. B. (2017). AFM-IR: Technology and Applications in Nanoscale Infrared Spectroscopy and Chemical Imaging. *Chemical Reviews*, 117(7), 5146–5173. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00448>
- Herrmann, K.-H., Gärtner, C., Güllmar, D., Krämer, M., & Reichenbach, J. R. (2014). 3D printing of MRI compatible components: Why every MRI research group should have a low-budget 3D printer. *Medical Engineering & Physics*, 36(10), 1373–1380. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2014.06.008>

- Kulesa, C. (2011). Terahertz Spectroscopy for Astronomy: From Comets to Cosmology. *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, 1(1), 232–240. <https://doi.org/10.1109/TTHZ.2011.2159648>
- Mantsch, H. H., & McElhaney, R. N. (1990). Applications of infrared spectroscopy to biology and medicine. *Journal of Molecular Structure*, 217, 347–362. [https://doi.org/10.1016/0022-2860\(90\)80374-S](https://doi.org/10.1016/0022-2860(90)80374-S)
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- Pang, X., Zhuang, X., Tang, Z., & Chen, X. (2010). Polylactic acid (PLA): Research, development and industrialization. *Biotechnology Journal*, 5(11), 1125–1136. <https://doi.org/10.1002/biot.201000135>
- Vijay, S., Ganesh, G., Navaneeth, G., Naidu, A. V., & Kumar, G. A. (2022). Optimal Surface Finish of Material Extrusion 3D Printed Products Using Ultimaker Cura Interface. 111–116. <https://doi.org/10.4028/p-hep857>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

USO DE ZIF-8 EN RECUBRIMIENTO PARA PROTECCIÓN CONTRA CORROSIÓN DEL ACERO 1018 EN NAACL

J. A. Gonzalez-Iñiguez¹, J. G. González-Rodríguez¹, M. Casales-Díaz², M. Kumar-Kesarla²

¹Centro de Investigación en Ingenierías y Ciencias Aplicadas, (CIICAp), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Edificio 48, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C.P.62209 – jesus.gonzalezi@uaem.edu.mx, ggonzalez@uaem.mx, ²Instituto de Ciencias Físicas ICF, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad s/n, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, 62210, México. - mcasales@icf.unam.mx, mohan@icf.unam.mx

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: La obtención de una estructura organometálica con la composición y cristalinidad adecuada comprobada por XRD Y SEM para su empleo como agente de recubrimiento del acero 1018 se comprobó mediante pruebas electroquímicas con la eficacia de incorporar esta estructura a un recubrimiento convencional mostrándose mejores respuestas en resistencia a la polarización lineal, en las curvas de polarización y en la espectroscopia de impedancia electroquímica

Introducción.

La corrosión en materiales metálicos y aleaciones da lugar a muchos problemas económicos, ambientales y de seguridad, generando una pérdida económica importante y varios accidentes fatales en algunos casos.

Se puede entender por corrosión como un proceso a través del cual un material se deteriora como resultado de las interacciones químicas y/o físicas del material con el ambiente que lo rodea (Landolt, 2007).

Los metales y aleaciones se distinguen de otros materiales por sus propiedades superiores para diversas aplicaciones como: su buena ductilidad, su alta resistencia a la tracción, su resistencia a las temperaturas elevadas, su conductividad eléctrica y térmica y su facilidad de unión y mecanizado. De ahí el gran interés en el control y protección contra la corrosión. Se pueden destacar los siguientes métodos para el control y protección contra la corrosión (Landolt, 2007):

Inhibidores de corrosión:

Son compuestos que se agregan al medio para reducir la tasa de corrosión del material. Se pueden clasificar por su efecto electroquímico como: inhibidores anódicos, inhibidores catódicos e inhibidores mixtos. Recientemente se han empleado extractos de plantas como inhibidores (Rodríguez-Torres et al., 2014).

Protección catódica:

Si se aplica un potencial suficientemente negativo a un metal, su velocidad de corrosión se vuelve insignificadamente pequeña o nula. En la práctica se utilizan comúnmente dos métodos de protección catódica: por ánodo de sacrificio, y por corriente impresa.

Recubrimientos: Consiste en cubrir el material con una película protectora. Generalmente se clasifican en:

Recubrimientos metálicos: Metales como el zinc, el cromo, el latón, el cromo y el oro son empleados para recubrir el material. Se pueden distinguir dos tipos de recubrimientos metálicos: los que son más nobles que el sustrato y los que son menos nobles que el sustrato. Los recubrimientos a base de cromo se consideran de los mejores métodos anticorrosión, pero se ha reducido su uso debido a sus propiedades tóxicas y cancerígenas (Zhang & Liu, 2020).

Recubrimientos inorgánicos no metálicos: Podemos dividirlos en dos tipos; recubrimientos de conversión y recubrimientos de contacto. Dentro de los primeros se encuentran: Fosfatado, y Cromatizado. De los segundos destacan: revestimientos de esmalte, revestimientos de cemento, y revestimientos cerámicos.

Recubrimientos orgánicos: Estos podemos agruparlos en tres categorías; revestimientos bituminosos, revestimientos poliméricos, pinturas y barnices.

Los primeros los constituyen un El betún que está compuesto por una variedad de hidrocarburos de alto punto de ebullición que se encuentran en los residuos de destilación de petróleo.

Los recubrimientos poliméricos incluyen: revestimientos termoplásticos (polietileno, polipropileno, PVC, PTFE, etc.), revestimientos de caucho (naturales o sintéticos), recubrimientos termoestables y resinas (poliuretanos, epoxis, poliésteres, etc.).

La protección que las pinturas brindan a los metales depende de varios factores como la naturaleza química, el espesor de la película, la presencia o no de defectos y de contaminantes en la superficie, entre otros. Y siguen el siguiente mecanismo:

- Efecto barrera; La película polimérica crea una barrera entre el metal y el medio que lo rodea
- Inhibición de reacciones de corrosión; Ciertas sustancias agregadas a la pintura actúan como inhibidores de la corrosión.
- Prevención de las celdas de corrosión; El recubrimiento orgánico influye en el funcionamiento de las células de corrosión microscópicas que son responsables de la corrosión atmosférica del acero.
- Efecto galvánico; Con pinturas ricas en zinc contienen hasta más del 90% de polvo de zinc, mezclado con una resina. que sean capaces de bloquear los poros o pequeños defectos en el revestimiento, reforzando así su efecto barrera.

Estructuras organometálicas (MOFs)

Cada una de estas medidas de protección contra la corrosión tienen sus áreas de oportunidad y sus fortalezas por ello; se busca obtener un recubrimiento híbrido al incorporar un material novedoso en una pintura; dicho material será una estructura organometálica (MOFs) en específico una estructura de imidazolato zeolítico (ZIF8).

Las estructuras organometálicas son nanoestructuras 3D que poseen características únicas: tienen una excelente cristalinidad y alta porosidad ya que tienen un área superficial de alrededor de 6200 m² g⁻¹ y hasta un 90% de volumen desocupado el cual los hace idóneos para albergar otras moléculas (Elsevier, 2021).

Están formadas por óxidos metálicos (como Zn, Cu, Co, Cr, Al, y Zr) (conectores) que se combinan con ligandos orgánicos poliatómicos aromáticos que contienen N o ácidos carboxílicos aromáticos (enlazadores) (Elsevier, 2021).

Estas superestructuras se pueden sintetizar de diversas maneras como; evaporación de solventes y síntesis isotérmica, métodos asistidos por ultrasonidos y microondas (MW), método hidro (solvo) térmico, síntesis electroquímica (CE), método de difusión y mecanoquímica síntesis, precipitación directa, sono-química entre otros (Stock & Biswas, 2012).

Entre sus múltiples aplicaciones destacan; separación y purificación, catálisis, almacenaje de hidrogeno, energía y gas, deposición de desechos, sensores, y anticorrosión. La figura 1 muestra un resumen de estos materiales (Rasheed et al., 2020).

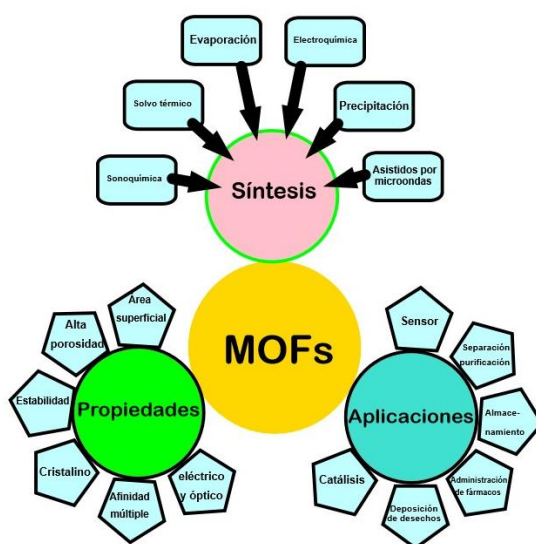


Figura 7. Especificaciones de Estructuras organometálicas

Gracias a las propiedades de los MOFs enumeradas antes, estos se pueden utilizar como nanoportadores en un componente protector para conferirle una propiedad de autocuración a la película de recubrimiento.

Una subcategoría de MOFs que cumple con estas características son las estructuras de imidazolato zeolítico (ZIF), que se han establecido mediante el uso de cationes divalentes coordinados tetraédricamente (Zn^{2+} o Co^{2+}) y ligandos de imidazolato para reemplazar los tetraédricos Si^{4+} o O^{2-} de zeolitas.

Este MOF (ZIF8) tiene poros de 3.4Å de diámetro y una cavidad de 11.6Å de diámetro, gran área superficial (aproximadamente $1700\text{ m}^2/\text{g}$), alta estabilidad térmica (400 °C), estructura altamente porosa y baja densidad (Park et al., 2006).

El ZIF8 es una estructura de imidazolato zeolítico un tipo de MOF que resulta da la unión de un metal del bloque d con la molécula orgánica 2-metilimidazol (mIM). Considerada como una zeolita debido al ángulo de 145° en los enlaces de conexión del Zn^{2+} con el N de (mIM) (Wang et al., 2008).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se obtuvo la nanoestructura ZIF-8, con el siguiente procedimiento; se disolvió acetato de zinc dihidratado $Zn(O_2CCH_3)_2(H_2O)_2$, en agua desionizada y se incorporó bien con un agitador magnético a 250 rpm, adicionalmente también se disolvió 2-metilimidazol ($C_4H_6N_2$) en agua desionizada incorporándolo bien con un ultrasónico. Se mezclaron las dos disoluciones agregando el 2-metilimidazol al acetato de zinc dihidratado, una vez mezclado se agitó vigorosamente a 400-500 rpm por 24 horas. Se obtuvo un líquido blanco de consistencia lechosa. Se procedió a centrifugar a 6000rpm durante 10min y lavar con agua dos veces para posteriormente hacerlo nuevamente pero ahora con metanol. Finalmente, el polvo obtenido se somete a un calentamiento a 60°C en estufa por 6 horas.

Adicionalmente se procedió a preparar las probetas cortando una barra de acero 1018 de un cuarto de pulgada de diámetro con un disco de corte isoment leco VC 50 a 5 mm de espesor.

Posteriormente se soldó cables al acero, se embebió en resina epoxica, y pulieron a grado 1200 para dejarlas listas para el recubrimiento. Se prepararon 4 disoluciones con concentraciones de 100, 250, 500 y 1000 ppm de ZIF-8.

Posteriormente se depositó el recubrimiento en las probetas por spin coating, empleando 5 μ l de esmalte y con una rotación de 2500 rpm. Se analizaron 11 probetas, (el blanco, una con esmalte sin el ZIF-8, una con cada una de las diferentes concentraciones y repitiendo la de esmalte y las diferentes concentraciones, pero con una incisión en medio para acelerar el proceso de corrosión). Evaluado su protección contra la corrosión, en un medio de cloruro de sodio (NaCl) al 3.5% en peso de concentración. Se mantendrán en el medio agresivo durante un período de 4 semanas realizando pruebas electroquímicas cada semana.

Las pruebas electroquímicas se realizaron en un Potenciostato/Galvanostato/ZRA Gamry Interface 1000. Las pruebas que se realizaron son; Ruido electroquímico, Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), Resistencia de polarización lineal (LPR) y Curvas de polarización. De esta manera se evaluó el efecto del recubrimiento orgánico+ ZIF8 en la velocidad, tipo y mecanismo de corrosión del acero al carbón 1018 en NaCl al 3.5% en peso.

Resultados y Discusión.

Se caracterizó la estructura y morfología del ZIF-8 por microscopia electrónica de barrido (SEM) y DRX. Obteniéndose los siguientes resultados.

El difractograma del ZIF-8 tal como se sintetizó se muestra en la figura 3. De acuerdo con patrón de XRD (JCPDS 00-062-1030) se observan picos a $2\theta = 10.29, 13.98, 15.01, 16.35, 18.28^\circ$ y 24.62° corresponden a planos, (002), (112), (022), (013), (222), y (114) respectivamente, lo que indica una alta cristalinidad del ZIF-8 preparado.

Así mismo se realizó una micrografía electrónica de barrido a la muestra donde se puede observar la estructura del ZIF-8 con una topología de SOD (sodalita), incluyendo el análisis elemental EDS figura 2.

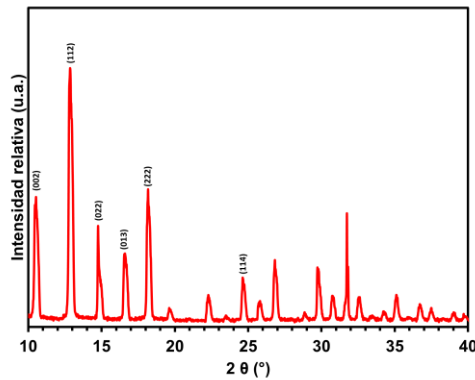


Figura 9 Difractograma de ZIF-8 sintetizado

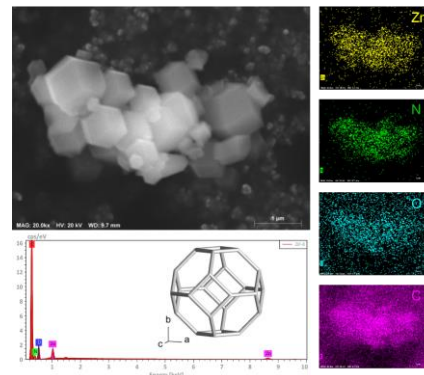


Figura 8 Análisis SEM del ZIF-8 sintetizado

Resistencia a la polarización lineal.

En la figura 4, se muestran los resultados de las pruebas de resistencia a la polarización lineal (RPL), primero se graficó la variación del potencial Rp a cuatro diferentes tiempos cada semana se observó que un cambio hacia valores más activos decreciendo durante la primera semana y después manteniéndose un tanto constante esto es en las muestras con incisión. Las muestras tal como fueron preparadas también se mantiene constantes, pero no tanto como las que tienen incisión también se reporta valores de potencial EOC. Siendo la muestra con concentración de 250 ppm y la de 100 ppm las que muestran una tendencia a mayor resistencia a la polarización que va coincidiendo con las respuestas que se obtuvieron en las demás técnicas electroquímicas empleadas.

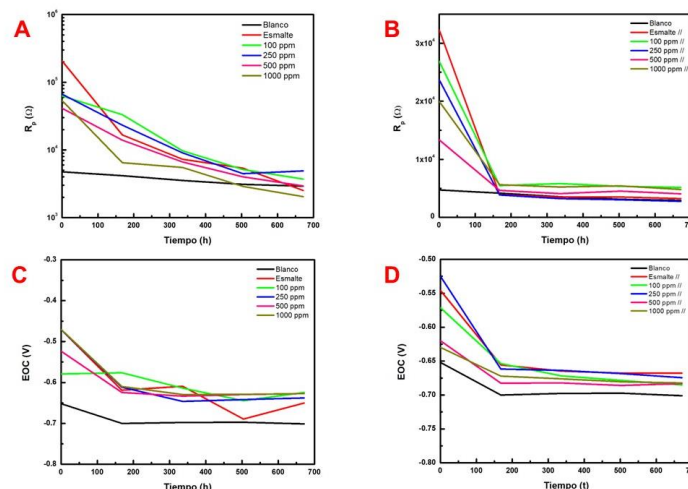


Figura 10. Graficas correspondientes a resistencia a la polarización (A) lisas (B) con incisión , graficas de potencial (C) lisas (D) con incisión

Curvas de polarización.

La figura 5 muestra las curvas de polarización potenciodinámica obtenidas a diferentes concentraciones y las mismas con incisión con un tiempo de inmersión en la solución de cloruro de sodio 3.5% en peso de 672 horas e iniciales a 25°C. Los parámetros empleados en las pruebas fueron los siguientes; empezando con un potencial inicial de -0.5V hasta uno final de 0.5V con un rango de escaneo de 1mV/s con un periodo de muestra de 1s con una densidad de 9.87g/cm³ y un área de 0.362cm².

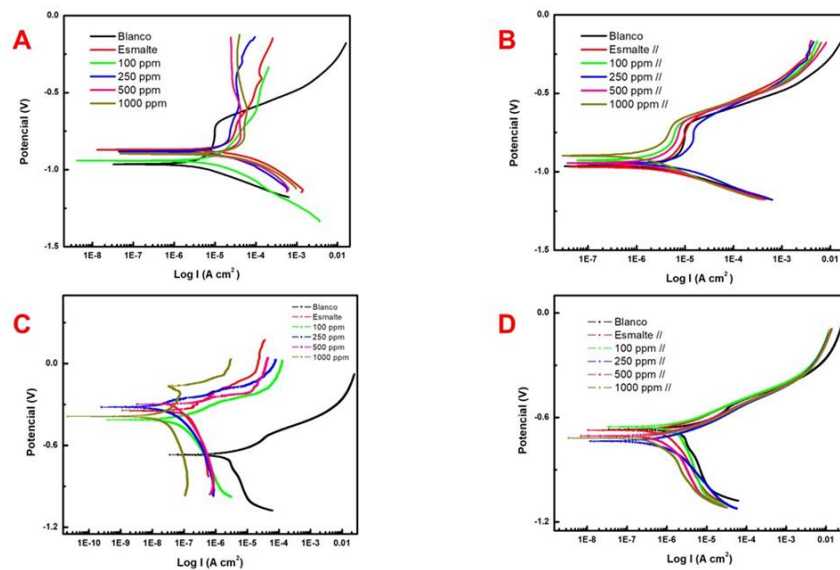


Figura 11. curvas de polarización a diferentes concentraciones.

Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).

Se realizaron las pruebas de impedancia electroquímica bajo los siguientes parámetros; con una frecuencia inicial de 1×10^5 Hz hasta 0.05Hz, con 10 puntos por década, con una z estimada de 120 Ω .

Con las curvas obtenidas a la primera semana (168h) que se muestran en las figuras 6 y 7 donde se observa la tendencia de la muestra de concentración de 100 ppm parece ser la mejor evaluada en la protección contra la corrosión. Mostrándose los diagramas de Nyquist y Bode.

Con las probetas lisas sin incisión se observa en los diagramas bode dos pendientes y dos ángulos de fase y en las probetas con incisión solo se observa una pendiente y un ángulo de fase de aproximadamente 60°-63°.

En cuanto a Nyquist se aprecia un semi círculo cuando se trata de las probetas con incisión mientras que las lisas tienen más fenómenos que aportan a la corrosión

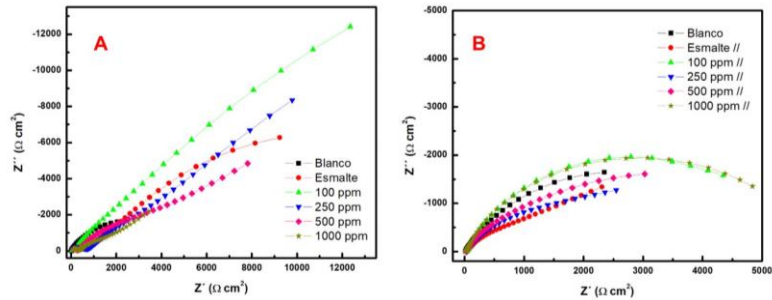


Figura 12. graficas de Nyquist de las muestras a la primera semana A muestras lisas y B muestras con incisión

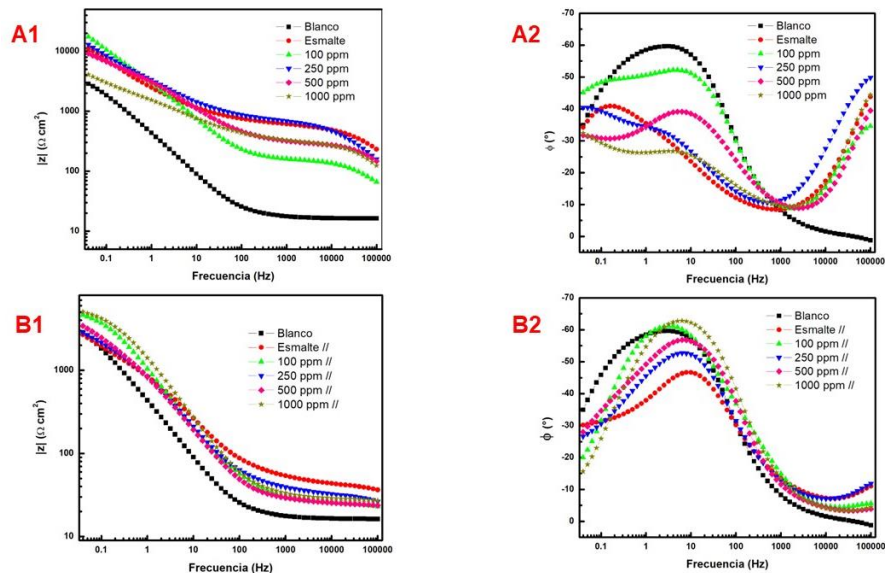


Figura 13. Gráficos Bode ; modular y de ángulo de fase A1 Y A2 de las muestras lisas y B1 y B2 de las muestras con incisión

Conclusiones.

En resumen, se obtuvieron estructuras de imidazolato zeolítico ZIF-8 con características adecuadas para si empleo en un recubrimiento que otorga al acero recubierto las condiciones anticorrosivas resultando el empleado con una concentración de 250ppm las que presentaron mejores resultados seguido por las de 100 y 1000 ppm en general la incorporación de la estructura logra una notable mejoría en el recubrimiento.

Agradecimientos.

Agradecimientos especiales para el Instituto de Ciencias Físicas por las facilidades prestadas para la elaboración de este trabajo, al Centro de Investigación en Ingenierías y ciencias aplicadas de la UAEM, y al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada.

Referencias

- Elsevier. (2021). Metal-Organic Frameworks for Chemical Reactions From Organic Transformations to Energy Applications. In A. Khan, F. Verpoort, & A. M. Asiri (Eds.), *Metal-Organic Frameworks for Chemical Reactions*. Susan Dennis. <https://doi.org/10.1016/c2019-0-04610-9>
- Landolt, D. (2007). *Corrosion and Surface Chemistry of Metals*. 615. <https://doi.org/10.5860/CHOICE.45-0897>
- Park, K. S., Ni, Z., Côté, A. P., Choi, J. Y., Huang, R., Uribe-Romo, F. J., Chae, H. K., O’Keeffe, M., & Yaghi, O. M. (2006). Exceptional chemical and thermal stability of zeolitic imidazolate frameworks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(27), 10186–10191. <https://doi.org/10.1073/pnas.0602439103>
- Rasheed, T., Rizwan, K., Bilal, M., & Iqbal, H. M. N. (2020). Metal-Organic Framework-Based Engineered Materials—Fundamentals and Applications. *Molecules MDPI*, 1–26. <https://doi.org/10.3390/molecules25071598>
- Rodríguez-Torres, A., Valladares-Cisneros, M. G., & Gonzalez-Rodríguez, J. G. (2014). Use of Salvia Officinalis as green corrosion inhibitor for carbon steel in acidic media. *International Journal of Electrochemical Science*, 10(5), 4053–4067.
- Stock, N., & Biswas, S. (2012). Synthesis of metal-organic frameworks (MOFs): Routes to various MOF topologies, morphologies, and composites. *Chemical Reviews*, 112(2), 933–969. <https://doi.org/10.1021/cr200304e>
- Wang, B., Côté, A. P., Furukawa, H., O’Keeffe, M., & Yaghi, O. M. (2008). Colossal cages in zeolitic imidazolate frameworks as selective carbon dioxide reservoirs. *Nature*, 453(7192), 207–211. <https://doi.org/10.1038/nature06900>
- Zhang, M., & Liu, Y. (2020). Enhancing the anti-corrosion performance of ZIF-8-based coatings: Via microstructural optimization. *New Journal of Chemistry*, 44(7), 2941–2946. <https://doi.org/10.1039/c9nj05998a>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR LA HUMIDIFICACIÓN EN TUBOS DE TEXTURA MEJORADA PARA UN ABSORBEDOR DE PELÍCULA DESCENDENTE

J. Delgado-Gonzaga¹, W. Rivera¹, T. Torres-Díaz², D. Juárez-Romero²

¹Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Privada Xochicalco S/N, Colonia Centro, 62580 Temixco, Morelos, Mexico - javier.delgado@uaem.mx, wrgf@ier.unam.mx

²Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Mor 62209, Mexico - tabai.torres@uaem.mx, djuarezr7@gmail.com

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP).

Resumen: Este trabajo es la primera etapa del diseño, construcción y evaluación teórica y experimental del rendimiento de un absorbedor de textura mejorada aplicado en un transformador térmico por absorción de simple etapa (TTA). El TTA que opera con la mezcla de trabajo LiBr-H₂O, tiene una capacidad térmica de 2 kW y el mecanismo de transferencia de calor de cada uno de sus componentes principales es de película descendente. La eficiencia de humidificación en intercambiadores de calor de este tipo es esencial para su rendimiento. Por tal razón, se presenta el diseño de un banco de pruebas para evaluar cualitativa y cuantitativamente la eficiencia de humidificación sobre tubos horizontales que han sido tratados por un proceso de maquinado para generar rugosidad en ellos. El banco de pruebas considera las condiciones características de absorbedores de película descendente aplicados a TTA. Posteriormente se construirá un absorbedor helicoidal con la textura determinada para aplicarlo en el transformador térmico.

Introducción.

La Organización de las Naciones Unidas estima que hoy en día existen alrededor de 8 mil millones de personas en el mundo, y se pronostica que en 2055 esta cifra aumente hasta 10 mil millones. Este crecimiento poblacional trae consigo una mayor demanda de bienes y servicios. En este sentido, el abasto de energía y agua, esenciales para la subsistencia y el desarrollo de las sociedades, se ha visto comprometido en los últimos años. A esto hay que añadir el problema del cambio climático, el cual tiene origen principalmente en la emisión de gases de efecto invernadero producto de diversas actividades humanas. Por tanto, resulta imprescindible el desarrollo de tecnologías que hagan frente a tales retos. En esta línea, en las últimas décadas, las bombas de calor por absorción (BCA) se han estudiado con gran interés debido a que son dispositivos capaces de usar calor de bajo nivel térmico para producir enfriamiento o calentamiento, esto con muy poca energía eléctrica y sin comprometer al medio ambiente. Existe un gran número de estudios que han probado los beneficios y las oportunidades de mejora para las BCA. La principal desventaja de las BCA es el alto costo de inversión respecto a las tradicionales bombas de calor por compresión. Sin embargo, algunos estudios han mostrado que las BCA resultan atractivas y competitivas cuando se dispone de una fuente de calor como el de desecho industrial. (Rivera et al., 2015; Best y Rivera 2015). Existen varios estudios reportados en la literatura con el objetivo de mejorar su rendimiento. Cuando se usan intercambiadores de calor por película descendente en las BCA como los del presente trabajo, las investigaciones se

centran principalmente en la geometría, la eficiencia de humidificación y en el efecto del régimen de flujo. Alvarez y Bourouis (2021) desarrollaron un modelo matemático que caracteriza las transferencias de calor y masa; así como el efecto de la formación de gotas, caídas de gotas y película descendente sobre un absorbedor de un sistema de enfriamiento por absorción. La mezcla evaluada es una mezcla de nitratos (Li, K y Na). El modelo matemático predijo perfiles de temperatura y concentración, además de estimar la tasa de absorción. Mortazavi et al., (2015) presentaron el estudio de un absorbedor de placa y marco. La placa consta de una estructura aletada dispuesta verticalmente para producir una película uniforme y reducir su espesor. Mediante el uso de métodos numéricos sustentados de experimentos que contemplan el análisis por visualización, ellos determinaron el dimensionamiento de las aletas y la humidificación de la superficie de la placa. Los resultados reportados indican que esta configuración aletada mejora significativamente la tasa de absorción y permite el diseño de intercambiadores de calor más compactos. Hafsia et al., (2015), reportaron que el efecto de la tensión superficial es un factor a ser tomado en cuenta en el proceso de absorción. Ellos desarrollaron un modelo matemático que estudia el efecto de la tensión superficial de absorción en un absorbedor tubular en espiral para un sistema de enfriamiento por absorción de doble etapa. Bustamante and Garimella (2019) desarrollaron un modelo matemático que predice el rendimiento de un absorbedor por película descendente sobre un tubo horizontal. La mezcla de trabajo evaluada fue LiBr-H₂O. Ellos concluyeron que el proceso de absorción se benefició en los regímenes de flujo de formación de gotas y de película descendente. Romero et al., (2023) estudiaron teórica y experimentalmente el rendimiento de un evaporador de superficie sandblast aplicado a un transformador térmico por absorción. Los autores reportan que la transferencia de calor es mejorada respecto a un evaporador de superficie lisa. Los autores también agregaron que la transferencia de calor por convección se beneficia a condiciones de número de Reynolds óptimo.

El propósito de este trabajo es diseñar, construir y evaluar el rendimiento de un absorbedor con una superficie mejorada aplicado a un transformador térmico por absorción (TTA). El TTA es una bomba de calor que puede incrementar la temperatura de una fuente calor de bajo nivel térmico hasta una temperatura que pueda ser aprovechable para un proceso secundario, en este trabajo el calor útil es empleado para desalinización de agua ligeramente salobre. Los intercambiadores de calor del TTA que opera con la mezcla LiBr-H₂O, tienen capacidad térmica de 2 kW y son de película descendente. En este tipo de intercambiadores es esencial la correcta humidificación de la parte externa del tubo donde fluye la película descendente. Por tanto, en primera instancia se diseñó un banco de pruebas en el cual se evaluará la eficiencia de humidificación de tubos que han sido tratados bajo un proceso de maquinada para obtener una textura rugosa. Con la asistencia de un modelo matemático y análisis de imágenes, se evaluarán diferentes texturas en tubos horizontales para determinar experimentalmente la mejor eficiencia de humidificación. Posteriormente se construirá el absorbedor helicoidal con la textura seleccionada para ser aplicada al TTA.

Sección Experimental

Descripción del equipo experimental

El banco de pruebas fue diseñado para emular las condiciones de operación características de un transformador térmico por absorción. Los trabajos reportados por Álvarez y Bourouis (2023), Yoon et al. (2008) y Gonda et al. (2014) fueron seleccionados como base para el diseño del banco de pruebas.

Características de diseño

El banco de pruebas es un intercambiador de coraza y tubos horizontales fabricado de acero inoxidable 316L, el cual operara de modo película descendente. Tiene 6 Tubos horizontales con un espacio de 0.35 pulgadas entre cada uno, cuenta con dos mirillas una en la que se puede observar la relación de área de mojado/ área total y la segunda mirilla es permite el paso de la luz, lo que permite el análisis de procesamiento de imágenes. La **Figura 1** muestra el cuerpo del banco de pruebas

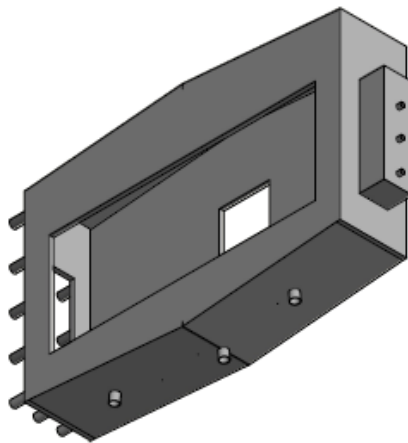


Figura 1.- Banco de pruebas para humificación.

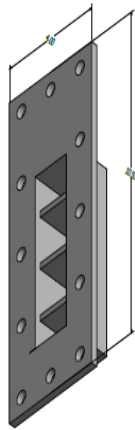
Para la distribución de la mezcla absorbente sobre los tubos se realizarán una serie de pruebas experimentales utilizando un distribuidor tubular a diferentes flujos volumétricos, el distribuidor es de acero inoxidable de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro y una longitud de 19.68 pulgadas y perforaciones de $\frac{3}{32}$ de pulgada.

Para el diseño también se consideró que el banco sea fácilmente desmontable para realizar las evaluaciones de con diferentes texturas, todo esto garantizando la hermeticidad del sistema.

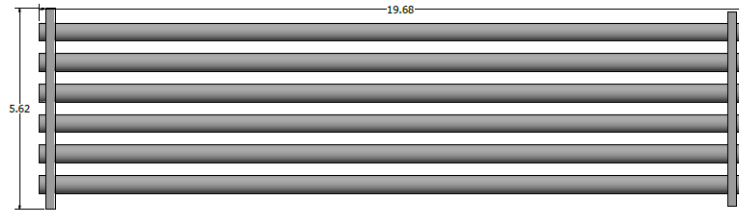
El distribuidor también es desmontable con el propósito de analizar el régimen de formación de gota con diferentes configuraciones.

Se le agregaron conexiones para medir la temperatura en cada uno de los pasos del flujo de calentamiento y para medir la presión dentro del sistema.

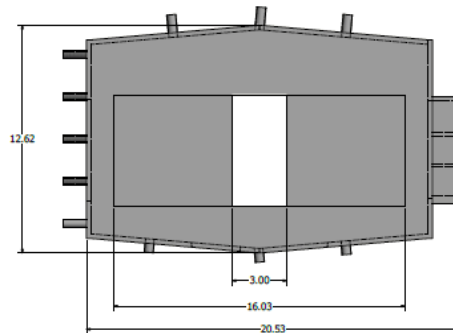
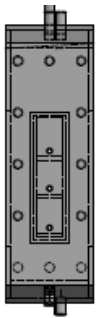
La tapa superior fue diseñada con ángulos de inclinación para facilitar la evacuación del vapor y en la tapa inferior cuenta con ángulos de inclinación para facilitar el drenado. La Figura 2 muestra diferentes vistas del diseño del banco de pruebas.



(a) Cabezal



(b) tubos



(c) Coraza frontal y frente

Figura 2.- Vistas isométricas del banco de pruebas

Condiciones de operación

En la Tabla 1 se especifican las condiciones de operación que serán evaluadas en el banco de pruebas, las cuales son características de absorbedores de película descendente en TTA.

Tabla 1.- Condiciones de operación en el banco de pruebas.

Propiedad	Absorbedor
Lado película (LiBr-H₂O)	
Pabs, kPa	3 – 11
T, °C	90 – 100
ṁ, kg/s	0.0140 – 0.0250

X, (%)	52 – 58
Vapor	
\dot{m} , kg/s	8×10^{-8} kg/s
Lado tubo H₂O	
P _{abs} , kPa	300
T, °C	65 – 85
\dot{m} kg/s	0.0700 - 0.1200

Nomenclatura: P_{abs} Presión absoluta, T Temperatura, \dot{m} Flujo másico, X Concentración.

Propiedades esperadas para analizar

En el banco de pruebas se determinarán las siguientes características:

- La textura de las tuberías (ángulo entre incisiones, diámetro y profundidad).
- El ángulo de contacto de la película descendente en la superficie circular.
- Relación superficie mojada/superficie total disponible en modo *Calefacción* o Generando el calor transferido.

Conclusiones.

En este trabajo se presenta la primera etapa del diseño de un intercambiador de calor con textura mejora para aplicarlo en un transformador térmico por absorción (TTA). Se diseñó un banco de pruebas para evaluar la eficiencia humidificación de tubos con diferentes texturas. El diseño se realizó para garantizar la hermeticidad y el ágil ensamblado. Las condiciones de operación seleccionadas para el diseño fueron: P_{abs}=3-10 kPa, T=90-100 °C, \dot{m} =0.0140-0.0250 kg/s y X=52-58 % en peso de LiBr, para el lado película; mientras que el lado tubo se tomó en cuenta: P_{abs}=300 kPa, T=65-85 °C y \dot{m} =0.0700-0.1200 kg/s. Para el análisis termodinámico se contemplan sensores de temperatura RTD, transductor de presión, flujómetros, bomba de desplazamiento positivo y centrifuga y un refractómetro para determinar la concentración de la mezcla absorbente. Para el análisis de la eficiencia de humidificación se emplearán análisis de procesamiento de imágenes; así como el apoyo de un modelo matemático que permita estimar los efectos de los diferentes regímenes de flujo para la mezcla absorbente. Posteriormente, una vez seleccionada la textura con mejores resultados se manufacturará un absorbedor helicoidal para ser evaluado en el TTA.

Agradecimientos.

J. Delgado-Gonzaga agradece el apoyo por parte del CONACYT en el marco de “Estancias Posdoctorales por México 2022”.

Referencias.

- Álvarez, M. E., and Bourouis, M. 2021. "Modelling of Coupled Heat and Mass Transfer in a Water-Cooled Falling-Film Absorber Working with an Aqueous Alkaline Nitrate Solution". *Energies*, 14(7), 1804.
- Best R., and Rivera W. 2015. "A review of thermal cooling systems". *Applied Thermal Engineering*, 75: 1162-1175.
- Bustamante, J. G., and Garimella, S. 2019. "Experimental assessment of flow distributors for falling-films over horizontal tube banks". *International Journal of Refrigeration*, 101: 24-33.
- Gonda, A., Lancereau, P., Bandelier, P., Luo, L., Fan, Y., and Benezech, S. 2014. "Water falling film evaporation on a corrugated plate". *International journal of thermal sciences*, 81: 29-37.
- Hafsia, N. B., Chaouachi, B., and Gabsi, S. 2015. "Surface tension effects on the absorption process in a spiral tubular absorber working with LiBr-H₂O couple". *International Journal of Thermal Sciences*, 94: 79-89.
- Juárez Romero, D., Rivera, W., Canela Sánchez, I. J., Ortega Mojica, N. I., Huicochea, A., and Delgado Gonzaga, J. 2023. "Evaluation of a rough-surface evaporator applied to an absorption heat transformer for water desalination. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*.
- Mortazavi, M., Isfahani, R. N., Bigham, S., and Moghaddam, S. 2015. "Absorption characteristics of falling film LiBr (lithium bromide) solution over a finned structure". *Energy*, 87: 270-278.
- Rivera W., Best R., Cardoso M.J., and Romero R. J. 2015. "A review of absorption heat transformers". *Applied Thermal Engineering*, 91: 654-670.
- Yoon, J. I., Phan, T. T., Moon, C. G., Lee, H. S., and Jeong, S. K. 2008. "Heat and mass transfer characteristics of a horizontal tube falling film absorber with small diameter tubes". *Heat and mass transfer*, 44: 437-444.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

DESEMPEÑO DE COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA CON NANOFLUIDO DE Al_2O_3

M. A. García-Rincón, y J. J. Flores-Prieto.

*Tecnológico Nacional de México-CENIDET, Int. Internado Palmira s/n, Cuernavaca, Morelos,
México, ZIP 62490, marco.garciaaex@gmail.com; jose.fp@tecnm.cenidet.edu.mx*

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: Este trabajo presenta una comparación de la eficiencia de un colector solar de placa plana cuando se utiliza un nanofluido del tipo óxido metálico Al_2O_3 como fluido de trabajo. El trabajo considera coeficientes experimentales de transferencia de calor entre el flujo y los tubos aleteados de trabajos anteriores, se determinan los parámetros característicos a_0 y a_1 para diferentes concentraciones de nanopartículas mediante análisis de leyes de conservación. En los resultados se encontró que en general el a_0 aumentan 30-56% y a_1 disminuye 39-74% con concentraciones de nanopartículas de Al_2O_3 de 1.0-5.0%. La eficiencia aumentó 33-63% dependiendo de la concentración de las nanopartículas. En general, los nanofluidos permiten lograr eficiencias de colectores por arriba del 75%. No obstante, se debe tener en cuenta que las nanopartículas tienden a aglomerarse con el tiempo de operación, y la deriva de la dispersión provoca a su vez la disminución de los coeficientes de transferencia de calor, por lo que se recomienda estudiar la eficiencia térmica a lo largo del tiempo de funcionamiento del sistema.

Introducción.

Actualmente, los sistemas de calentamiento de agua con energía solar han crecido considerablemente dominando el creciente mercado de la energía solar térmica (Akram, et al, 2019). La superficie total instalada de colectores solares solo hasta 2017 alcanzó 3.5 millones de metros cuadrados en el país, principalmente del sector residencial (CONUEE, 2018). Los colectores solares son el caso más común, en los que la energía solar se absorbe a través de la placa absorbente, y se transfiere a un fluido de trabajo (Sinelec, 2020). Una opción para el aumento del desempeño, de hasta un 30% adicional, es el uso de nanofluidos (Kalogirou, 2013). Las propiedades termofísicas de los líquidos intercambiadores de calor de los FPSC como la transferencia de calor radiativa y la conductividad térmica son determinantes, y pueden mejorar utilizando nanopartículas y mezclas de nanopartículas en los fluidos de trabajo (Akram, et al, 2019). Sin embargo, los estudios de la eficiencia térmica con diferentes concentraciones y tipos de nanopartículas en sistemas de calentamiento solar son limitados.

Trabajos previos reportan que la conductividad térmica de los nanofluidos es más de un 10% superior a la de otros fluidos (Lee, et al, 2020). Las propiedades de transferencia de calor agregando pequeñas proporciones de volumen de nanopartículas son superiores a las de los fluidos convencionales (Jang, et al, 2004). Se menciona que los nanofluidos tienen un gran potencial para los sistemas térmicos debido a sus diversas propiedades termofísicas principalmente en el coeficiente de transferencia de calor por conducción y convección (Tiwari, et al, 2012). En la actualidad, más investigadores se han dedicado a enriquecer el rendimiento de los calentadores solares de agua mediante el uso de diferentes tipos de nanofluidos como medio de trabajo (Verma & Tiwari 2015). Sin embargo,

procedimientos de corrección de eficiencia térmica a medida que derivan las propiedades térmicas no se han encontrado.

Los ajustes de modelos teóricos con datos experimentales son importantes para reducir incertidumbres en el modelado. El modelado del desempeño de colectores solares planos de acuerdo con Duffie and Beckman, et al, 2013) ha venido siendo la base en los estándares internacionales y nacionales (ANSI/ASHRAE 93-2010, RA 2014, ISO 9806-1, ASHRAE GRP 170; ASHRAE). Sin embargo, no se han encontrado modificaciones a este procedimiento para el caso del uso de nanofluidos, y la caracterización con calorimetría de flujo ha venido siendo la opción. Con lo anterior, en este trabajo se analizan con el método propuesto por Duffie and Beckman, 2013, las eficiencias de un colector solar de placa plana y sus factores de eficiencia comparando el desempeño con y sin nanofluido. En el análisis los coeficientes de transporte de calor se obtienen de datos experimentales reportados por Nasrin *et al.* 2014. El análisis considera las eficiencias y los a_0 y a_1 de un colector comercial, y se comparan los parámetros al utilizar nanofluido de Al_2O_3 con relación a cuando se utiliza agua como fluido de trabajo.

Muestra de estudio.

En la **Figura 1** se muestra un despiece del colector solar plano encapsulado (Montoya & Flores, 2017). El colector tiene una relación de aspecto de 40, superficie total de $2.0 m^2$ ($2.0 m$ de largo y $1.0 m$ de ancho), y un área de absorción de $1.71 m^2$ ($0.95 \times 1.8 m$). La placa de absorción se conforma de dos tubos cabezales horizontales unidos con cinco tubos de elevación, y está terminada en pintura negro mate de 0.94 de absorbancia. Los tubos de elevación tienen aletas unidas con soldadura plomo-estaño.

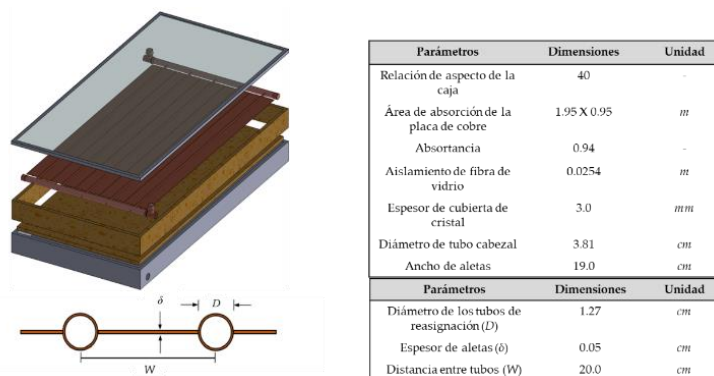


Figura 1. Colector solar de placa plana.

Metodología.

La eficiencia térmica del colector solar con y sin nanofluidos se determina con la Ecuación 1.

$$\eta = a_0 + a_1 \left(\frac{T_i - T_a}{G} \right) \quad (1)$$

donde a_0 y a_1 se determinan con las ecuaciones 2 y 3.

$$a_0 = F_R (\tau\alpha) \quad (2)$$

$$a_1 = F_R U_L \quad (3)$$

El producto absorbancia-transmitancia, se determina con la Ecuación 4.

$$(\tau\alpha)_\theta = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_{dif}} \quad (4)$$

donde τ es la transmitancia de la cubierta (0.92), α es la absorbancia de la placa absorbidora (0.93), ρ_{dif} es la reflectancia del vidriado (0.04). Con lo anterior $(\tau\alpha)_n$ tiene valor de 0.86.

El U_L se calculó con balances de energía, considerando los flujos de calor que entran y que salen del colector solar, despreciando el calor que se puede almacenar en el colector solar.

$$\Sigma Q_{ent} = \Sigma Q_{sal} \quad (5)$$

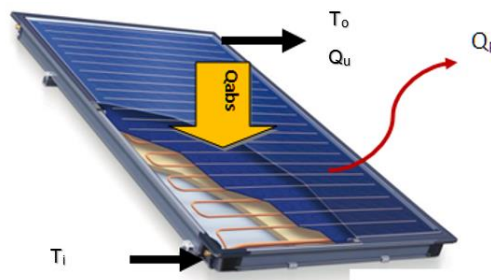


Figura 2. Flujos de energía a través del colector solar de placa plana.

De acuerdo con la Figura 2, y considerando un balance de energía, U_L se escribe como se indica en la Ecuación 6.

$$U_L = \frac{[(A_c * I) - [\dot{m}Cp (T_o - T_i)]]}{A_c(T_{mp} - T_a)} \quad (6)$$

La eficiencia estándar de las aletas rectas con perfil rectangular se calcula con la Ecuación 7.

$$F = \frac{\tanh\left[\frac{m(W-D)}{2}\right]}{\frac{m(W-D)}{2}} \quad (7)$$

donde m se puede expresar como (8):

$$m = \sqrt{\frac{UL}{k\delta}} \quad (8)$$

W y D son medidas características del colector solar, obtenidas en trabajos anteriores (García, et al, 2021):

El factor de eficiencia del colector F' se determina con la Ecuación 9.

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[\frac{1}{U_L [D + (W-D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D_i h} \right]} \quad (9)$$

donde, D_i es el diámetro interno de los tubos de reasignación (m), La conductancia de enlace C_b puede ser muy importante para describir con precisión el rendimiento del captador y se puede calcular con la Ecuación 10.

$$C_b = k_b \frac{b}{\gamma} \quad (10)$$

donde k_b es la Conductividad térmica de la unión, γ es el espesor medio de la unión, y b es la anchura del enlace. El factor de remoción de calor del colector puede calcularse con la Ecuación 11.

$$F_R = \frac{\dot{m} C_P}{A_c U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{A_c U_L F'}{\dot{m} C_P} \right) \right] \quad (11)$$

donde, \dot{m} es flujo másico (kg/s), C_P es el calor específico del fluido ($J/kg K$), A_c es el área del colector (m^2). El coeficiente de transferencia de calor por convección se determina con la Ecuación 12.

$$h = \frac{Nu k_f}{L} \quad (12)$$

donde los valores de Nu se obtuvieron de [11] para diferentes porcentajes de partículas disueltas en el fluido base, así como los parámetros termofísicos del fluido, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades termofísicas del fluido y las nanopartículas

Propiedad física	Fluido base (agua)	Al ₂ O ₃
C_p (J/kgK)	4179	765
ρ (kg/m ³)	997	3970
k (W/mK)	0.613	40

La conductividad térmica del nanofluido a diferentes concentraciones se determina con la Ecuación 13, propuesto por Maxwell (1881).

$$\frac{k_{nf}}{k_f} = \frac{k_s + 2k_f + 2(k_s - k_f)\phi}{k_s + 2k_f - (k_s - k_f)\phi} \quad (13)$$

donde k_{nf} , k_f y k_s representan las conductividades térmicas del nanofluido, el fluido base y las nanopartículas, respectivamente, y φ la fracción volumétrica de las partículas. El calor específico del nanofluido se calcula con la Ecuación 14, siguiendo a Xuan y Roetzel en el 2000.

$$(c_p)_{nf} = \frac{\varphi \cdot \rho_s \cdot (c_p)_s + (1 - \varphi) \cdot \rho_f \cdot (c_p)_f}{\rho_{nf}} \quad (14)$$

donde $(c_p)_{nf}$, $(c_p)_f$, $(c_p)_s$ son respectivamente los calores específicos del nanofluido, el fluido base y las nanopartículas, y la densidad del nanofluido ρ_{nf} se calcula con la Ecuación 15.

$$\rho_{nf} = (1 - \varphi)\rho_f + \varphi \cdot \rho_s \quad (15)$$

Resultados.

En esta sección se presenta el análisis de los parámetros característicos a_0 y a_1 del colector solar plano y la eficiencia térmica comparando el fluido convencional (agua) frente al nanofluido de alúmina (Al_2O_3).

Parámetros característicos del colector solar plano.

La **Figura 3** muestra el comportamiento de los parámetros característicos a_0 y a_1 del colector solar plano con Al_2O_3 en función del porcentaje de partícula dispersa en el fluido base. a_0 aumenta potencialmente un 56% y a_1 disminuye 74% mostrando un valor máximo de 0.767 y 2.67 respectivamente.

Este trabajo muestra que a partir de 1 φ (%) el cambio en los parámetros característicos es significativo y al aumentar el porcentaje de partícula el cambio es en menor porcentaje. Se observó que los parámetros característicos del colector solar plano son sensibles al cambio de las propiedades termofísicas mostrando una mejora significativa.

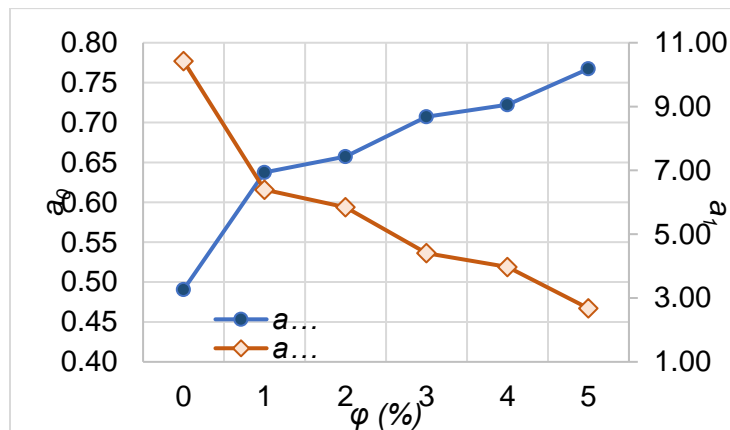


Figura 3. Términos de ganancia y pérdida a_0 y a_1 en la ecuación de eficiencia de un colector solar plano.

Eficiencia térmica del colector solar de placa plana con y sin nanofluido.

La Figura 4 muestra la eficiencia térmica del colector con alúmina y con el fluido convencional. La eficiencia térmica teórico-experimental con fluido convencional es prácticamente constante y se sitúa en la media del 50%.

Asimismo, se observa que al añadir las nanopartículas de óxido metálico Al_2O_3 la eficiencia aumenta hasta un 63% acercándose al 80%, encontrando que la adición de nanopartículas mejora significativamente la eficiencia térmica del colector solar y reduciendo las pérdidas en el colector hasta 84%.

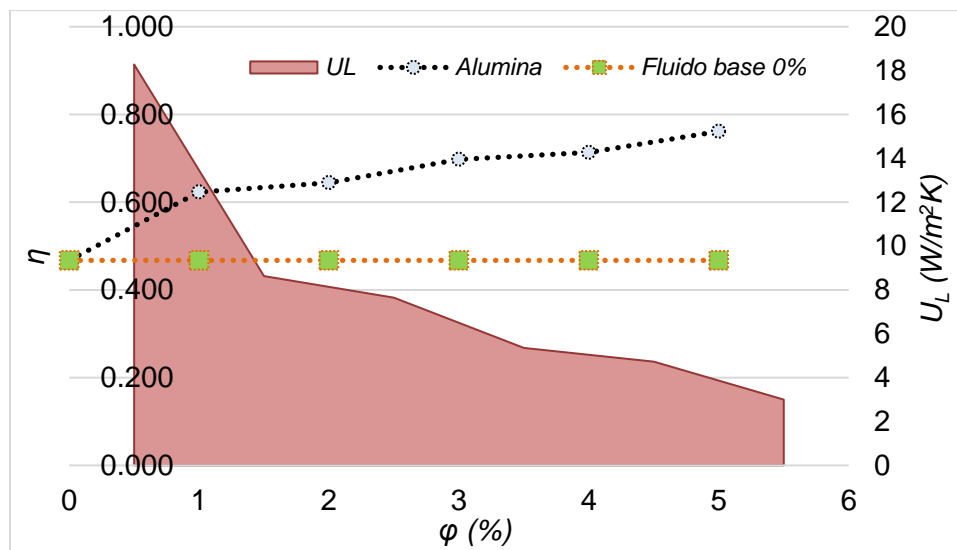


Figura 4. Eficiencia térmica frente a la concentración porcentual de partículas de Al_2O_3 .

Conclusiones.

La eficiencia y los parámetros térmicos de los calentadores solar mejoran con nanofluidos en 33-63% respecto equipos con agua. El mayor rendimiento térmico se alcanzó utilizando condiciones de entrada como un caudal de 0.016 kg/s siguiendo la norma UNE-EN ISO 9806:2013 "Energía solar para métodos de ensayo en exteriores, respetando las mismas condiciones para la evaluación del rendimiento térmico en captadores solares térmicos", con una irradiancia solar de 1800 W/m^2 , temperatura de entrada constante de 300 K y un porcentaje de partículas disueltas del 5 %.

Actualmente, la mayoría de los estudios experimentales utilizan nanopartículas metálicas y de óxidos metálicos, ya que son más baratas. La aplicación generalizada de los nanofluidos espera suspensiones de nanofluidos que mejoren la estabilidad a temperaturas más elevadas. Sin embargo, la deriva de la dispersión de las partículas a lo largo de la vida útil y el rendimiento térmico en el tiempo no están estudiadas.

Trabajos futuros.

La aplicación de algunos nanofluidos como los poliméricos sigue en suspenso debido a su elevado costo y disponibilidad, ya que su mercado se encuentra en una fase naciente. Sin embargo, es importante realizar análisis de costos y de la eficiencia térmica del colector con periodos que se puedan equiparar a la vida útil de un sistema térmico solar con diferentes nanopartículas.

Financiación y agradecimientos.

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT y al Tecnológico Nacional de México, cuyos apoyos de gestión y financiero han hecho posible este trabajo.

Referencias

- Akram, N., Sadri, R., Kazi, S. N., Zubir, M. N. M., Ridha, M., Ahmed, W., Soudagar, M. E. M., & Arzpeyma, M. (2019). A comprehensive review on nanofluid operated solar flat plate collectors. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 139(2), 1309–1343. <https://doi.org/10.1007/s10973-019-08514-z>
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. ANSI/ASHRAE 93-2010 (RA 2014), *Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors*; ASHRAE: Atlanta, GA, USA, 2014.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), & Ortega, H. (2018, mayo). *Energía solar térmica para procesos industriales en México*. https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/CSA/estudios/EnergiaSolarTermica_EstudioDeMercado.pdf
- Duffie, J.; Beckman, W. *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4th ed.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2013.
- García-Rincón, M. A., Flores-Prieto, J. J., & Montoya-Márquez, O. (2021). Thermal Performance of a Low and Medium Temperature Flat Plate Solar Collector When Controlling the Output-Input Temperature Difference and the Tilt Angle. *Journal of Solar Energy Engineering*, 144(2). <https://doi.org/10.1115/1.4053177>
- He, Q., Zeng, S., & Wang, S. (2015). Experimental investigation on the efficiency of flat-plate solar collectors with nanofluids. *Applied Thermal Engineering*, 88, 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.09.053>
- ISO 9806-1 International Standard, *Test Methods for Solar Collectors—Part 1: Thermal Performance of Glazed Liquid Heating Collectors Including Pressure Drop*; ISO: Vernier, Switzerland, 1994.
- Jang, S. P., & Choi, S. U. S. (2004). Role of Brownian motion in the enhanced thermal conductivity of nanofluids. *Applied Physics Letters*, 84(21), 4316–4318. <https://doi.org/10.1063/1.1756684>
- Kalogirou, S. A. (2013). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems* (2nd ed.) [Libro electrónico]. Academic Press.
- Lee, Y., Jeong, H., Park, J. T., Delgado, A., & Kim, S. (2020). Experimental Investigation on Evaluation of Thermal Performance of Solar Heating System Using Al₂O₃ Nanofluid. *Applied Sciences*, 10(16), 5521. <https://doi.org/10.3390/app10165521>
- Montoya-Marquez, O., & Flores-Prieto, J. (2017). The Effect of the Angle of Inclination on the Efficiency in a Medium-Temperature Flat Plate Solar Collector. *Energies*, 10(1), 71. <https://doi.org/10.3390/en10010071>
- Nasrin, R., Parvin, S., & Alim, M. A. (2014). Heat transfer by nanofluids through a flat plate solar collector. *Procedia engineering*, 90, 364-370. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.863>
- Sinelec, E. G. (2020b, enero 9). *El crecimiento de la energía solar*. Grupo Sinelec. <https://gruposinelec.com/el-crecimiento-de-la-energia-solar/>

- Tiwari, Arun & Ghosh, Pradyumna & Sarkar, Jahar. (2012). A review on application of nanofluids in solar heating systems. Conference: National Conference on Advances in Mechanical Engineering & Emerging Technologies, April 2012, <https://www.researchgate.net/publication/235785077>
- Verma, S. K., & Tiwari, A. K. (2015). Application of Nanoparticles in Solar collectors: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 3638-3647. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.121>
- Whillier, A. Prediction of performance of Solar Collectors. In *Applications of Solar Energy for Heating and Cooling of Buildings*; ASHRAE GRP 170; ASHRAE: New York, NY, USA, 1977.
- Xuan, Y., & Roetzel, W. (2000). Conceptions for heat transfer correlation of nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43(19), 3701-3707. [https://doi.org/10.1016/s0017-9310\(99\)00369-5](https://doi.org/10.1016/s0017-9310(99)00369-5)

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

PREFERENCIAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS EDUCATIVOS EN CLIMA TROPICAL EN TEMPORADA DE LLUVIA

J. G. Sánchez-Montes, J. J. Flores-Prieto y L.A. López-Pérez

Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
Cuernavaca, Morelos, México, C.P 62490, d19ce009@cenidet.tecnm.mx,
jose.fp@cenidet.tecnm.mx

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: En la toma de decisiones en la climatización de espacios, el nivel de preferencias térmicas PT indica el potencial de inversión para mitigar el desconfort. Así, en este trabajo se presenta un estudio comparativo de las PT en edificios educativos AC y NV en un clima tropical tipo Aw, para la temporada de verano con lluvias. Las PT se determinaron a partir de encuestas, con una muestra de 855 datos, recolectada en 27 edificios educativos en la temporada de lluvia 2022, donde el 66% fueron AC y el resto NV. El estudio se basa en la metodología utilizada por López-Pérez, 2020 que se aplicó en el TecNM-ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, para la temporada de primavera principalmente. Las encuestas se aplicaron a alumnos de licenciatura, profesores, personal administrativo y de mantenimiento, cubriendo aspectos subjetivos y objetivos. La información se manejó en *Google Forms*, generando archivos xls. Las preferencias térmicas en VN mostraron mayor potencial de cambio (76%), respecto a AC (50%). La diferencia del 26% es en razón a que existe mayor aceptación del entorno en AC por el control del clima que se ha aplicado. En trabajos futuros, se recomienda diferenciar a usuarios exclusivos de modo AC, modo NV y a usuarios de los dos tipos de edificaciones indicando el porcentaje de uso.

Introducción

Hoy en día, las personas pasan la mayor parte de su tiempo dentro de una edificación alrededor del 80-90% (Karyono *et al.*, 2020; López-Pérez *et al.*, 2021). La ergonomía y el confort en un ambiente educativo es de importancia para preservar la salud, seguridad y la eficiencia laboral de los ocupantes (Broday *et al.*, 2019). Los ocupantes que habitan un entorno limitado en confort térmico usualmente son más propensos a cometer errores y presentar menor productividad (Ezratty & Ormandy, 2015; Karyono *et al.*, 2020; Sattayakorn *et al.*, 2017). El índice más utilizado para evaluar la sensación térmica de un grupo de personas es el voto medio predicho (PMV), desarrollado para entornos con clima controlado, basado en parámetros objetivos. Sin embargo, el PMV difiere de indicadores basados en parámetros subjetivos como el voto de sensación térmica TSV y la preferencia térmica PT (Broday *et al.*, 2019). El PT indica el potencial de inversión para mitigar el desconfort, importante en la toma de decisiones. La consideración de las preferencias térmicas de los ocupantes ha permitido lograr aumentos en el confort térmico con ahorros de energía de hasta del 48% (Y. Chen *et al.*, 2016).

La climatización en edificaciones donde se limita a las preferencias térmicas de los ocupantes, usualmente presenta sobre-enfriamientos (A. Chen & Chang, 2012). Así, Han *et al.*, 2023 propusieron un modelo basado en datos para la predicción de las preferencias térmicas y propusieron una idea de control de temperatura para sistemas inteligentes de regulación de temperatura interior con base a la predicción de las preferencias térmicas. Zhang *et al.*, 2023 implementaron un control térmico

basado en las preferencias térmicas en oficinas, y encontraron ahorros de energía de hasta el 35% en relación al uso de controles con únicamente datos objetivos. (Liu *et al.*, 2021) propusieron un método para predecir las preferencias térmicas, los autores encontraron que existe una estrecha relación entre la preferencia térmica y el comportamiento de autoadaptación térmica. Las preferencias térmicas de las personas al climatizar una habitación cerrada es una estrategia adecuada para cumplir con el confort térmico y ahorrar energía (López-Pérez *et al.*, 2019).

López-Pérez, 2020 presentaron un estudio del confort térmico para la temporada de calor Tuxtla Gutiérrez, en el ITTG. En el estudio se observó que la preferencia térmica PT indica una demanda del 8.2% por temperaturas levemente más cálidas, el 51.9% prefiere sin cambios, y el 27.0% prefiere una temperatura levemente más fresca. Con lo anterior, y siguiendo la metodología utilizada por López-Pérez, 2020, el objetivo de este trabajo fue analizar de manera comparativa las preferencias térmicas en edificaciones educativas AC y NV, en un clima tropical tipo Aw, en temporada de verano con lluvia.

Caso de estudio

El estudio de campo se realizó en Tuxtla Gutiérrez, ciudad capital del estado de Chiapas, ubicada al sur del territorio mexicano. El clima predominante es cálido subhúmedo. En la Figura 1 se muestran la temperatura ambiente, la humedad relativa y la velocidad del viento en promedios mensuales a lo largo del año. Es de observar que, las temperaturas más altas las alcanza en los meses de abril y mayo; y las más bajas a inicios y finales de año, con intervalos promedios mensuales de 22-27°C. La humedad relativa más baja se presenta en el mes de abril con 54% y las más altas en septiembre llegando hasta 80%, la temporada de lluvia abarca los meses de mayo a mediados de octubre. La velocidad del aire presenta intervalos en promedios mensuales de 2-5 m/s.

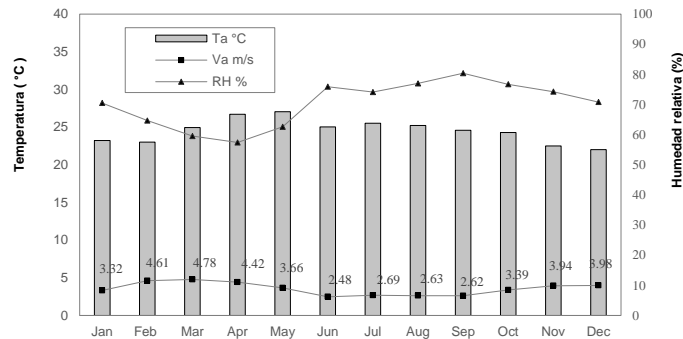


Figura 1. Temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento en promedios mensuales de Tuxtla Gutiérrez.

En el estudio, los edificios son del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, TecNM-ITTG. Los datos fueron recolectados en la temporada de lluvia de octubre a noviembre de 2022. La población total del ITTG en el periodo de estudio fue de 5000 personas, considerando estudiantes, docentes, administrativos y personal de

mantenimiento. El modo de operación de los edificios fue aire acondicionado AC y ventilación natural VN. En la Figura 2 se presenta la distribución de los edificios en el ITTG.

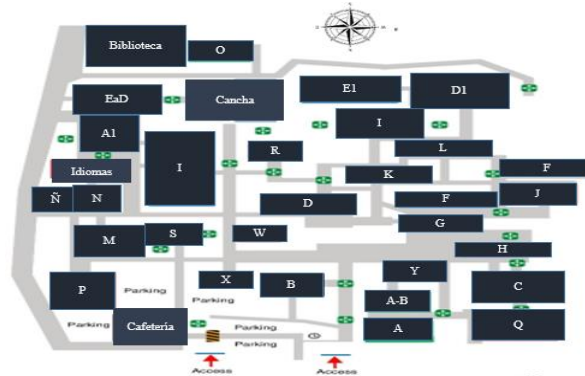


Figura 2. Mapa de la distribución de los edificios del ITTG considerados en el estudio de campo.

El tamaño de muestra representativa se determina con la Ecuación 1 (Klaus Hinkelmann, 2012), considerando distribución normal, un nivel de confianza de 95.0%, una probabilidad de éxito y fracaso de 0.5 y un margen de error de 3.1 %. La población considerada es de 5000 personas.

$$n = \frac{Z^2 N p q}{E^2(N - 1) + Z^2 p q}$$

donde Z es el nivel de confianza (1.96), N el tamaño de la población, p la probabilidad de éxito, q la probabilidad de fracaso y E el error. Las encuestas con datos contradictorios se descartan (López-Pérez *et al.*, 2021).

Diseño experimental de campo

En el estudio de campo se encuestó a los ocupantes para conocer su preferencia térmica, así como sus características demográficas. Las encuestas se basan en las normas (ISO 7730) y estudios previos (López-Pérez *et al.*, 2019, 2021). Todas las encuestas fueron cara a cara mediante la herramienta *Google Forms* recopilando y manejando los datos en formato *xls*. El PT se determina con la escala de cinco puntos (-2 mucho más cálida, -1 ligeramente más cálida, 0 sin cambios, +1 ligeramente más fresco, +2 mucho más fresco) (López-Pérez *et al.*, 2021). La pregunta subjetiva que se realiza a los ocupantes es ¿Cómo te gustaría que estuviera la temperatura interior en este momento?, la pregunta se formula tomando en cuenta que los ocupantes la comprendan de la manera más sencilla y no haya errores en entender. Las mediciones de parámetros ambientales consideraron la temperatura del aire interior T_a , la temperatura del globo (T_g), la humedad relativa (RH) y la velocidad del aire (V_a) siguiendo la norma ISO 7243, siguiendo a (López-Pérez *et al.*, 2019, 2021). T_a y T_g se midieron con un sensor digital tipo SHT75 con incertidumbre de $\pm 0.3^\circ\text{C}$, la HR se mide con el mismo tipo de sensor con

incertidumbre de $\pm 1.8\%$. La T_g se mide de acuerdo con ISO 7243. La V_a se mide con el anemómetro Testo 0560 modelo 1405 con una incertidumbre de $\pm 0.1\%$. En todas las mediciones, los sensores funcionan a una distancia de 10 a 20 cm de los encuestados. El tiempo de estabilización del equipo de medida es de 10 min. La recopilación de condiciones ambientales al aire libre proviene de la base de datos Meteororm en la versión 8.1 y corresponde a un año típico (Carlucci *et al.*, 2018).

Resultados y Discusión

En la **Tabla 1** se presentan las características de la muestra y las condiciones ambientales obtenidas en el estudio de campo, considerando el modo de operación AC y VN.

Tabla1. Características de la muestra y condiciones ambientales del estudio de campo.

Parámetro	Modo de operación		
	AC	VN	
	Promedio	Promedio	
<i>n</i>	568	287	
Características demográficas	<i>Edad (años)</i>	23.4	21.8
	<i>Peso (kg)</i>	70.0	71.2
	<i>Altura (cm)</i>	1.68	1.68
	<i>I_{lab} (clo)</i>	0.58	0.6
	<i>Actividad (met)</i>	1.15	1.1
Condiciones ambientales interiores	<i>V_a (m/s)</i>	0.11	0.11
	<i>HR (%)</i>	59.0	62.9
	<i>T_a (°C)</i>	23.4	26.9
	<i>T_g (°C)</i>	24.2	27.1
	<i>T_{int} (°C)</i>	24.4	27.1
Sensación térmica	<i>VST</i>	-0.6	0.6
	<i>TP</i>	0.4	0.9

La Figura 3 presenta la distribución de frecuencia de las PT para la temporada de seca y la temporada de lluvia. Para AC, el 50% votaron por preferencias térmicas sin cambios eligiendo 0 “no tener cambios”, el 33% se inclinó a 1 “ligeramente más fresco”, el 9% a 2 “mucho más fresco” y el resto a -1 “ligeramente más cálido”. En VN, el 60% de los ocupantes votaron por preferencias térmicas de 1 “un poco más fresco”, el 24% por 0 “sin cambios”, el 14% por 2 “mucho más fresco” y únicamente el 2% por -1 “un poco más cálido”. Con lo anterior, es de observar que, en AC los ocupantes tienen menos expectativas al cambio que los ocupantes que se encuentran en VN. El potencial de inversión de los ocupantes en VN es del 76% y en AC es del 50%.

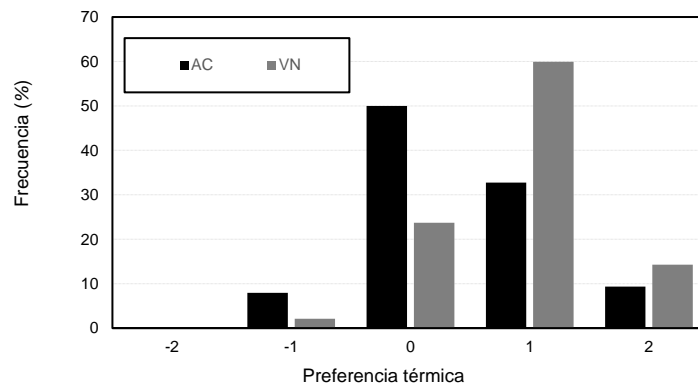


Figura 3. Distribución de frecuencias de las preferencias térmicas para AC y NV.

Conclusiones

En el estudio de preferencia térmicas en edificaciones educativas en clima tropical durante la temporada de lluvia, los ocupantes en edificaciones AC mostraron menos expectativas al cambio que los ocupantes que se encuentran en VN. Así, el potencial de inversión de los ocupantes en VN es del 76% (74% temperatura más baja y 2% más alta), y en AC es del 50% (42% más baja y 8% más alta). Por su parte López-Pérez (2020), en el mismo clima, y para temporada cálida, reportó un potencial de cambio del 47% en AC (38% prefiere temperaturas más bajas y el 9% más altas). El potencial de cambio en AC fue 26% menor que en NV, en la diferencia en temporadas fue poco significativa (< 4%). El factor de arropamiento y la actividad física en AC y VN fueron similares, haciendo que la capacidad de adaptación se afectará, por ejemplo, al salir de AC a NV con alto nivel de arropamiento el PT disminuyó considerablemente. En trabajos futuros, se recomienda diferenciar a usuarios exclusivos de modo AC, modo NV y a usuarios de los dos tipos de edificaciones indicando el porcentaje de uso.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y al Instituto Tecnológico Nacional de México por la gestión y otorgamiento de la beca nacional para estudios de posgrado.

Referencias

- Brodav, E. E., Moreto, J. A., Xavier, A. A. de P., & de Oliveira, R. (2019). The approximation between thermal sensation votes (TSV) and predicted mean vote (PMV): A comparative analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 69, 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.09.007>
- Carlucci, S., Bai, L., de Dear, R., & Yang, L. (2018). Review of adaptive thermal comfort models in built environmental regulatory documents. In *Building and Environment* (Vol. 137, pp. 73–89). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.053>
- Chen, A., & Chang, V. W.-C. (2012). Human health and thermal comfort of office workers in Singapore. *Building and Environment*, 58, 172–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.004>
- Chen, Y., Raphael, B., & Sekhar, S. C. (2016). Experimental and simulated energy performance of a personalized ventilation system with individual airflow control in a hot and humid climate. *Building and Environment*, 96, 283–292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.036>
- Ezratty, V., & Ormandy, D. (2015). Thermal discomfort and health: Protect the susceptible (part 2). *Environnement, Risques et Sante*, 14(3). <https://doi.org/10.1684/ers.2015.0785>
- Han, X., Hu, Z., Li, C., Wu, J., Li, C., & Sun, B. (2023). Prediction of human thermal comfort preference based on supervised learning. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103484. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103484>
- Karyono, K., Abdullah, B. M., Cotgrave, A. J., & Bras, A. (2020). The adaptive thermal comfort review from the 1920s, the present, and the future. *Developments in the Built Environment*, 4, 100032. <https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2020.100032>
- Liu, Y., Xu, H., Zheng, P., Lin, B., Wu, H., Huang, Y., & Li, Z. (2021). Thermal preference prediction based on occupants' adaptive behavior in indoor environments- A study of an air-conditioned multi-occupancy office in China. *Building and Environment*, 206, 108355. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108355>

- López-Pérez, L. A. (2020). *Inteligencia Artificial Aplicada al Control de Temperatura en una Habitación Cerrada en Condiciones de Clima Cálido*. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
- López-Pérez, L. A., Flores-Prieto, J. ., & Ríos-Rojas, C. (2021). Comfort temperature prediction according to an adaptive approach for educational buildings in tropical climate using artificial neural networks. *Energy and Buildings*, 251, 111328. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.111328>
- López-Pérez, L. A., Flores-Prieto, J. J., & Ríos-Rojas, C. (2019). Adaptive thermal comfort model for educational buildings in a hot-humid climate. *Building and Environment*, 150, 181–194. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.011>
- Sattayakorn, S., Ichinose, M., & Sasaki, R. (2017). Clarifying thermal comfort of healthcare occupants in tropical region: A case of indoor environment in Thai hospitals. *Energy and Buildings*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.025>
- Zhang, H., Tzempelikos, A., Liu, X., Lee, S., Cappelletti, F., & Gasparella, A. (2023). The impact of personal preference-based thermal control on energy use and thermal comfort: Field implementation. *Energy and Buildings*, 284, 112848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112848>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

CÁMARA EXTERIOR DE AMBIENTE CONTROLADO CON SOMBREADO

R. Castillo-Rincón¹, A. Cabrera², E. Chávez² y J. J. Flores-Prieto³

¹ Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Zacatepec
Calzada Tecnológico No. 27, C.P. 62780, Zacatepec de Hidalgo, Morelos.

rafael.cr@zacatepec.tecnm.mx ² Universidad del Papaloapan

Av. Ferrocarril S/N. Colonia Ciudad universitaria, Loma Bonita, Oaxaca, México C.P. 68400-
acabrera@unpa.edu.mx, echavez@unpa.edu.mx, ³ Tecnológico Nacional de México/CENIDET,
Morelos, México, C.P. 62490, jose.fp@cenidet.tecnm.mx.

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: En este trabajo se presenta el uso de sombreado para el control en una cámara de ambiente controlado al exterior. El estudio comprende controlar irradiación al interior de la cámara de ambiente controlado a escala, a un valor fijo. La malla se colocó a dos hojas en la parte superior, con un mecanismo controlado con un algoritmo basado en lógica difusa. El estudio implicó la construcción, instrumentación, calibración, puesta a punto y evaluación del sistema experimental. El tiempo de respuesta del control de lógica difusa fue de 4 segundos. La radiación solar se atenuó en un 75%, lo que se vio reflejado en una reducción de la temperatura al interior hasta de 5.0°C. También, el control propuesto permitió establecer la irradiación en un valor fijo ($190 \pm 10 \text{ W/m}^2$), permitiendo que la temperatura al interior se estableciera en $45 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$. El control propuesto funcionó de manera adecuada, aun en un día con considerable intermitencia de irradiación solar.

Introducción.

Los parámetros más significativos en el clima son la temperatura, humedad relativa y la radiación solar, ya que afectan los procesos biológicos en seres vivos como la fotosíntesis, el fotoperíodo y el fototropismo, entre otros. También, estos parámetros afectan los ciclos de los fenómenos naturales como el de los hídricos y el de calentamiento-enfriamiento, entre otros. Así, la agricultura es una de las actividades donde el clima es un factor determinante, causando que cultivos como los hortícolas y ornamentales tengan una tendencia cada vez más hacia una producción anticipada o fuera de estación. Hoy en día, la protección de cultivos con sistemas ha permitido lograr condiciones ambientales adecuadas para el cultivo de plantas fuera de estación, donde el clima regional es una barrera considerable (Pérez H y De Paul M., 2007). En un periodo adecuado a las necesidades del mercado de productos agrícolas, la obtención de mayores rendimientos es fundamental.

Los invernaderos son ejemplos claros de espacios con clima controlado funcionales fuera de temporada, a lo que se le denomina agricultura protegida. Por su parte, las cámaras al exterior de ambiente controlado son espacios con mayor exigencia en el control de los parámetros en relación a los invernaderos. Usualmente, la demanda de cámaras controladas es para la producción de plantas, semillas y frutos, donde el clima regional debe ser independiente de los requerimientos del cultivo (Álvarez, et al, 2007), y las cámaras se destinan para aplicaciones específicas, para cubrir estándares de volumen, temperatura, cambios de aire y tiempos de exposición solar (Cardona & Pazos, 2013).

El control de la irradiación solar con dispositivos de sombreado con mallas se ha utilizado en invernaderos y cámaras de ambiente controlado (Zari G.E., 2006). Los excesos de irradiación se limitan para reducir y amortiguar los incrementos de temperatura al interior, logrando mayor nivel de climatización de invernaderos y cámaras de ambiente controlado (Martínez, et al 2009). Actualmente, el control tipo PID es ampliamente utilizado en sistemas de control de temperatura, humedad y velocidad de motores, entre otros, y el control con lógica difusa ha tenido menor atención, aun cuando tiene la ventaja de que se pueden adoptar valores entre dos valores extremos, que permiten mayor similitud al funcionamiento de los seres vivos, logrando expresiones de la vida cotidiana como por ejemplo “es muy claro”, “está muy caliente” o “hace mucho frío” (Palacio & García, 2012). Así, en este trabajo se presenta un comparativo experimental del uso de malla sombra para el control de irradiación en una cámara de ambiente controlado. Las variables a controlar son la irradiación solar al interior, con malla sombra, de acuerdo a la apertura de dos hojas enrollables sobre una cámara de ambiente controlado a escala.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Descripción de caso de estudio

La cámara de ambiente controlado a escala del caso de estudio es de 75x75x40 cm (ver figura 1). El techo curvo de plástico de polivinilo. La malla de sombreado de la cámara se conforma de dos láminas de malla sombra enrollable en la parte central del techo (A y B la izquierda y derecha respectivamente). La malla permite cubrir de 0 al 100% del área del techo. La manta de la malla sombra tiene un porcentaje de sombreado del 80%. Las pruebas se hicieron a cielo abierto en la ciudad de Loma Bonita Oaxaca, a lo largo de jornadas diarias con irradiación interrumpida por nublados.



Figura 1. Cámara de ambiente controlado exterior.

Instrumentación experimental

En la Figura 2 se muestra la instrumentación de la cámara, indicando el manejo y procesamiento de datos, que fue automático por computadora, con registros a cada minuto. El cRIO 9014 permitió la adquisición y manejo de datos (16 bits) con el

software LabVIEW™. La salida para el control de motores para enrollar y desenrollar la malla se hizo con el módulo de potencia (L298N) y una tarjeta Arduino MEGA (8 bits).

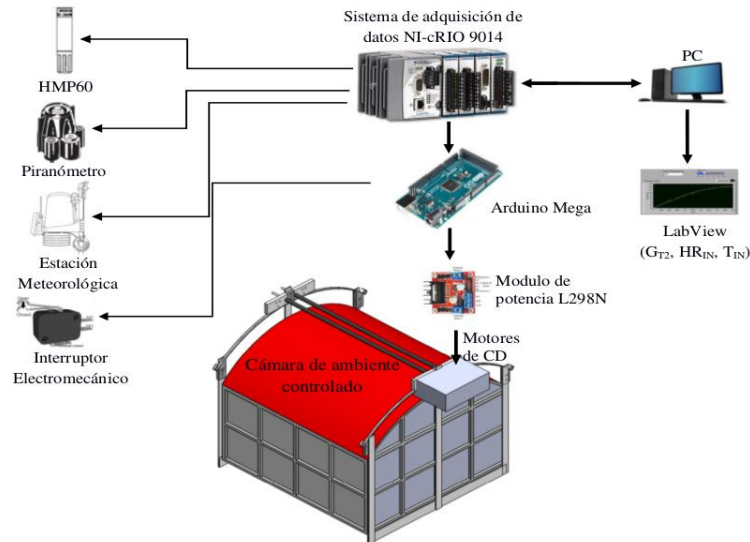


Figura 2. Equipo experimental.

En la Tabla 1 se muestran las características de los sensores y actuadores.

Tabla 1. Características de sensores y actuadores

Parámetro	Tipo de sensor/actuador	Incertidumbre
Temperatura	HMP60	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Irradiación 1	QM S101	$\pm 70 \mu\text{V} / \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
Irradiación 2	KIPP and ZONEN	$\pm 68 \mu\text{V} / \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
Irradiación 3	Davis Vantage PRO2	$\pm 1 \text{ W} / \text{m}^2$
Humedad relativa	HMP60	$\pm 3\% \text{HR}$
2 motores	Pololu	relación de 131:1.

Diseño experimental

En las pruebas de funcionamiento se hizo un comparativo gráfico de temperatura interior y nivel irradiación G , al interior del invernadero al fijar el control a $190 \text{ W}/\text{m}^2$ (de acuerdo a la optimización para el cultivo de tomate). En el modelo de control se define que la cámara de ambiente controlado está dividida en dos secciones A y B, que se controla de manera independiente, por lo que el control se implementó en cada sección, siguiendo el algoritmo de la Figura 3.

Las pruebas iniciaron con el día solar, a cada minuto se hizo el monitoreo y registro de los parámetros. La irradiación al interior se registra y promedia, con la programación en lógica difusa, seguido se evalúa si el error se encuentra dentro de los valores de ENA, ENB, EC, EPA o EPB de acuerdo a la radiación solar de

referencia. Al tomar una decisión de las cinco posibles, el programa activa un pulso digital en el adquisidor de datos, que es leído en otra tarjeta de control, que también es programada para que al recibir uno de los cinco pulsos digitales, este se convierta en un pulso modulado para activar el arranque a cierta velocidad o paro de un motor de CD. Al tomar una decisión, dependerá si la malla sombra se plegará a velocidad baja, media, o no se plegará, y también si esta se desplegará a velocidad baja, media o no se desplegará. En el caso de llegar al límite de la operatividad de la malla en ausencia de radiación solar o con excesiva radiación solar, y el motor de CD ya no se activa, y se envía una señal digital a través de interruptores electromecánicos, la cual es adquirida por la tarjeta de control para que mediante su programación desactive los motores de CD, aun sí la señal de control del primer sistema de adquisición de datos indique lo contrario. Es de mencionar que todo el sistema de control se ejecuta en tiempo real, no importando si es de día, de noche o cualquier día del año.

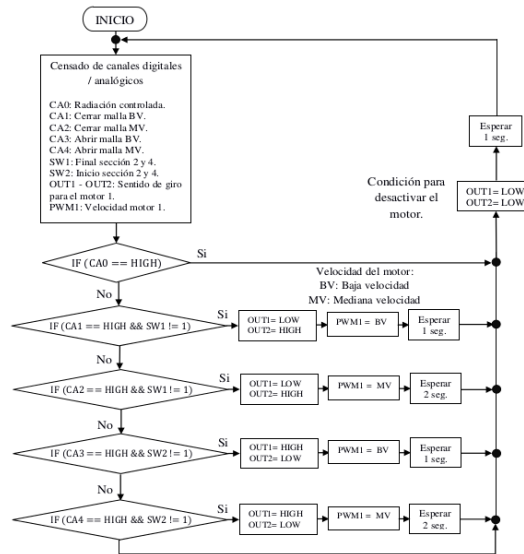


Figura 3. Algoritmo de control.

Resultados y Discusión.

Las pruebas del comportamiento de la radiación solar al interior con y sin malla sombra se realizaron el día 7 de agosto del 2015 con cielo parcialmente soleado, con orientación norte a sur, y con la sección A sin malla sombra y la sección B con malla sombra sin control. En la Figura 4 se muestra la gráfica del comportamiento de la radiación solar (GT2) al interior a lo largo del día. La radiación solar global al exterior sobrepasa los 800 W/m^2 durante el medio día solar, mientras que la radiación promedio en el día fue de 560 W/m^2 . La irradiación promedio al interior sin malla sombra fue de 300 W/m^2 , mientras que la sección con malla sombra negra sin control fue de 200 W/m^2 . Lo anterior indica que existe una reducción significativa de radiación solar del 75% al interior al utilizar malla sombra negra en conjunto con el plástico de polivinilo.

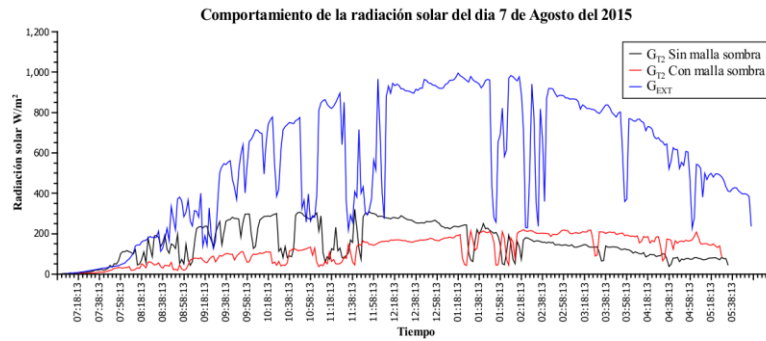


Figura 4. Prueba 1, Comportamiento de la radiación solar (G_{T2}) al interior de la CACO con y sin malla sombra.

La historia de la temperatura al interior se muestra en la Figura 5, donde se observa que la temperatura con malla sombra con control registró una temperatura promedio de 40°C , mientras que sin malla sombra registró un promedio de 45°C , esto indica que con el uso de una malla sombra negra y el plástico polivinilo, se logra reducir en 5°C la temperatura al interior de la cámara.

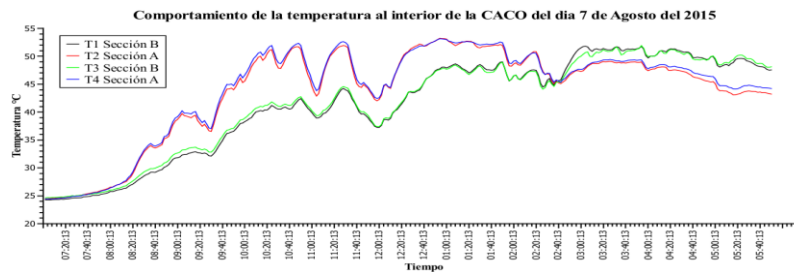


Figura 5. Prueba 1: Temperatura en el interior de la cámara con y sin malla sombra.

En una segunda prueba se tomó como valor de referencia la irradiación recomendada por Ayala *et al.*, 2011, para el crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a la radiación solar transmitida por mallas sombra, donde señala que se obtienen los más altos niveles de rendimiento con calidad de exportación en la producción del tomate cuando la radiación solar es de 191.3 W/m^2 . La prueba se realizó el 18 de septiembre del 2015, en un día completamente soleado, con orientación de la cámara de norte a sur. En la Figura 7 se muestra el comportamiento de la radiación solar (G_{T2}) al interior a lo largo del día, donde la irradiación promedio al exterior fue de 715 W/m^2 , mientras que al interior fue de 182 W/m^2 . La radiación solar promedio entre las 1:00 PM las 2:30 PM fue de 190 W/m^2 , lo anterior demostró que al utilizar el sistema de control propuesto en este trabajo se logró obtener el control de la radiación solar cercano al valor de referencia de 191.3 W/m^2 en las horas donde la radiación solar sobrepasó 800 W/m^2 .

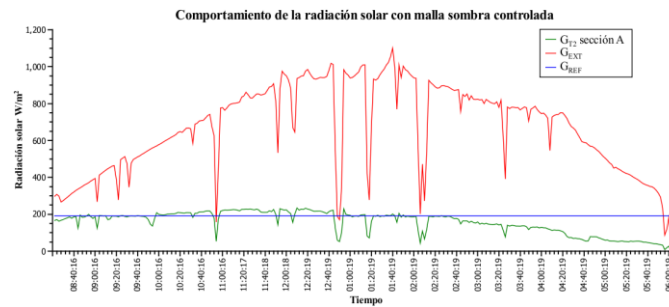


Figura 7. Irradiación solar al interior.

Conclusiones.

En este trabajo se implementó un control al fijar la irradiación en el interior de una cámara de ambiente controlado al exterior, mediante el uso de posicionamiento de malla sombra. El estudio mostró que es posible controlar los niveles de irradiación al interior controlando la temperatura y la irradiación a valores preestablecidos. La temperatura interior mostró variaciones poco significativas en el entorno del medio día solar, resultado ser de $45 \pm 0.5^\circ\text{C}$. La radiación solar al interior de la cámara de ambiente controlado fue posible controlarla en 190 W/m^2 con variación de $\pm 10 \text{ W/m}^2$, durante las dos horas antes y dos horas después del medio día solar. La reducción de irradiación fue significativa llegando a ser del 75% y de la temperatura al interior de 5°C .

La programación del control con lógica difusa permitió un tiempo de retardo total de 4 segundos. Así, el sistema de control propuesto en este trabajo presenta un buen desempeño en los días parcialmente soleados, mientras que para los días soleados presenta su mejor desempeño dos horas antes y después del mediodía, sin requerir orientar la cámara de Norte a Sur.

Agradecimientos.

Agradezco al TECNM por el apoyo proporcionado para la publicación de este artículo, al Departamento de Metal-Mecánica del Tecnológico de Zacatepec y a la Universidad del Papaloapan.

Referencias

- Álvarez, M., S. Corp. y L. Vásquez, 2007, Carga térmica en las cámaras del clima controlado que utilizan la energía solar. Citado en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar12/HTML/articulo04.htm>.
- Ayala-Tafoya, F. 2012, Efecto que ocasionan las mallas sombra de colores en el crecimiento de hortalizas, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa.
- Cardona-Gil, J.A., Pazos-Urrea, J.P., 2013, Cámara de ambiente controlado para la Supervivencia de Plantas e Insectos, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
- Castillo, R., Sánchez H.H., Pablo J.M., 2012, Diseño y construcción de una cámara de ambiente controlado para el rendimiento y calidad de la semilla de pasto insurgente *Brachiaria Brizantha* como función de la humedad y temperatura., Sociedad Mexicana de Física, Memorias del LV Congreso Nacional de Física.

- Juárez-López, P., Bugarín-Montoya, R., Castro-Brindis, R., Sánchez-Monteon, A.L., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete, C.R., Alejo-Santiago, G., Balois-Morales, R. 2011, Estructuras utilizadas en la agricultura protegida, Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
- Kevin M. Passino & Stephen Yurkovich, 1998, Fuzzy Control, Editorail Addison-Wesley Longman.
- Martínez P.F., D Roca., R Suay., M. Martínez., X. Blasco., J.M. Herrero y C. Ramos, 2009, Avances en el control de los factores del clima para el cultivo en invernadero.
- Palacio-Gómez C y García-Sucerquia J., 2012. Control de temperatura utilizando lógica difusa. Revista colombiana de física, Vol. 42, No 3, 378-382, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, A.A. 3840, Medellín Colombia.
- Pérez H y De Paul M., 2007, Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero, Facultad de Ingeniería de Diseño y Automatización Electrónica, Universidad de la Salle, Bogota D.C.
- Zari G.E., 2006, El efecto de mallas de sombreo sobre invernaderos microclima.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

REFRIGERACIÓN MAGNETICA: PROSPECTO A FUTURO.

Rafael G. Suarez ¹, M. A. Camacho-Peralta¹, J. Zamora ²

¹Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM. Circuito Exterior S/N Circuito de la, Investigación Científica, C.U., 04510 Ciudad de México, CDMX.

rsuarezfi@comunidad.unam.mx, macamacho159@gmail.com

² Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT A.C. Camino a la presa San José 2055, Col. Lomas 4ª sección, San Luis Potosí S.L.P 78216, México

jonathan.zamora@ipicyt.edu.mx

Área de participación: DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP)

Resumen: Los avances tecnológicos muestran un continuo desarrollo y progreso en el ámbito científico e industrial. El presente trabajo explica brevemente la tecnología de refrigeración magnética de estado sólido como alternativa a la tecnología de compresión de vapor. Así mismo se mencionan los beneficios, el principio físico de funcionamiento y los retos que debe de afrontar para convertirse en un proceso viable.

Introducción.

Actualmente las maquinas térmicas son indispensables en la vida cotidiana; el uso de estos sistemas impacta directamente en el desempeño de comercios, institutos, hogares, oficinas y demás. Tal como lo menciona Hartford T. en su libro “*cincuenta innovaciones que han cambiado el mundo*”, el efecto de los sistemas de refrigeración ha propiciado una revolución en la forma de vivir, la forma de producir y comerciar.

La introducción de los sistemas de aire acondicionado presentó efectos económicos y demográficos, la posibilidad de habitar zonas cálidas manteniendo el confort del hogar, esto provocó movimientos poblacionales a regiones como Phoenix, Dubái, Singapur y otras áreas áridas. En la década de 1980 China pasó del 10% de hogares que gozaban del uso de aire acondicionado al 66% en un lapso estimado de diez años (Haford, 2018).

Por parte de la industria, varios segmentos requieren tener el control de la temperatura sobre sus productos comerciales. Debido a que un cambio de ella pone en riesgo la integridad del producto y el de su usuario. Por ejemplo, en el caso de los víveres perecederos, el proceso de putrefacción se retrasa en gran medida al colocar las viandas en reservorios de baja temperatura como cuartos fríos o refrigeradores; de igual forma sucede en el uso de las vacunas, las cuales son resguardadas en ambientes de baja temperatura a lo largo de su transportación e inminente uso para asegurar su eficacia e integridad. Todo lo anterior se logra gracias a la cadena de frio, invento desarrollado en el siglo XIX.

Sin embargo, la revolución de la refrigeración de los últimos dos siglos ha mostrado dos efectos contraproducentes principales:

1. Daños en la capa de ozono: Actualmente la mayoría de los sistemas comerciales hacen uso de tecnologías de refrigeración basadas en un ciclo de compresión de vapor de gas; los fluidos de trabajo se centran en gases basados en clorofluorocarbono (CFC), hidroclorofluorocarbono (HCFC) e hidrofurocarbono (HFC). Esto es significativo ya que este grupo de gases son promotores del desgaste de la capa de ozono en la atmosfera; como lo comprobó el premio nobel mexicano José Mario Molina-Pasquel Henríquez (1943-2020).
2. Alta demanda energética: En los años 2013 & 2014 se obtuvo una relación de casi un refrigerador por hogar y para la tendencia mundial presente se sobrepasa la unidad por casa u hogar para varios países. Dado que la energía de solo un refrigerador domestico puede llegar a representar una tercera parte del consumo del hogar, las cantidades de energía tan solo en los hogares es más que cuantiosa. En consecuencia, esto se relaciona a la quema de combustibles fósiles (combustóleo). Fuente principal de energía en termoeléctricas, que proveen energía eléctrica. A estas observaciones se debe considerar el efecto del aire acondicionado.

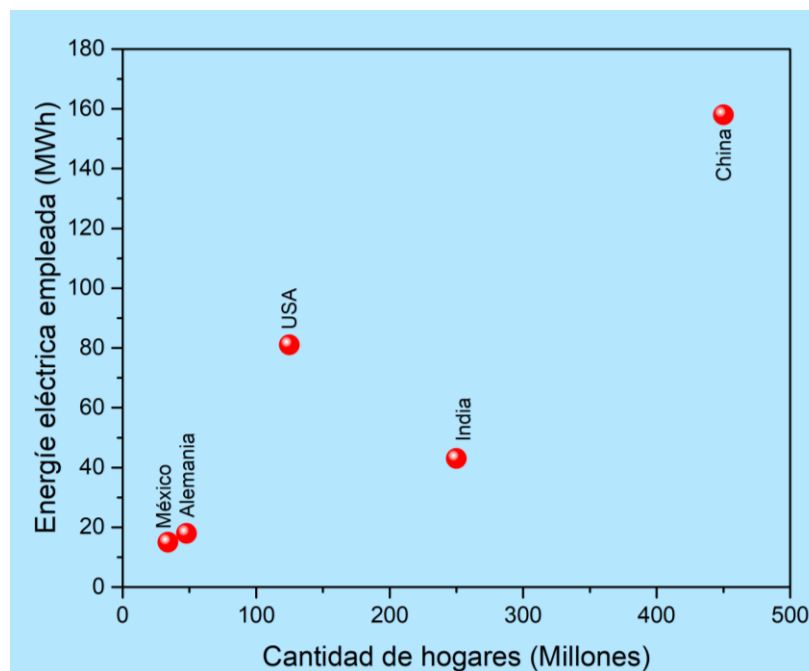


Figura 1- Estimación de la cantidad de energía eléctrica empleada por refrigeradores domésticos en diversas naciones en el 2014(Gauß et al., 2016).

En búsqueda de alternativas más ecológicas y sostenibles el departamento de energía de los Estados Unidos revisa cinco tecnologías que cuentan con oportunidades para suplantar las máquinas que se basan en el ciclo de compresión de vapor de gas y su respectiva huella ecológica (Brown et al., 2012). Estos principios físicos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.- Alternativas para la tecnología de compresión de vapor.

Tecnología	Eficiencia teórica máxima de Carnot	Estado de desarrollo	Mejor eficiencia de Carnot reportada	Barreras de Desarrollo	Extensión del desarrollo en centros de investigación	Prospectiva de la competitividad con la tecnología de compresión de vapor
Termoeléctrico	25-35 %	Comercial	10-15%	Medio	Muchos	Justa
Termoiónico	20-30%	Experimental	<10%	Alto	Unos pocos	Pobre
Termo-tunelaje	50-80%	Experimental	Sin datos	Muy alto	Unos pocos	Promedio
Termoacústico	60-100%	Prototipo	≈20%	Media	Muchos	Bueno
Magnético	50-60	Prototipo	≈ 20%	Media	Muchos	Bueno

De las diversas tecnologías que se mencionan en la tabla 1 destaca la que se basa en propiedades magnéticas, el principal beneficio de la refrigeración magnética es la eficiencia de enfriamiento más alta (30-60%) comparada con los sistemas de refrigeración basados en compresión y expansión de gases (15%). Además, los refrigeradores magnéticos pueden ser más compactos cuando se construyen con sustancias sólidas como materiales magnéticos y la evidente ausencia de gases de efecto invernadero es otra de las cualidades positivas de estos sistemas, así como la reducción del ruido generado por el uso del compresor. Por estos aspectos las investigaciones referidas a este ámbito se vuelven atractivas socialmente, por su impacto sostenible en el planeta.

Para hacer uso de máquinas térmicas que se basan en fenómenos magnéticos hay varios aspectos científicos, tecnológicos e ingenieriles que deben tomarse en cuenta. Entre las principales están las siguientes (Rowe & Tura, 2008; Tura & Rowe, 2010):

- Materiales magnéticos con efecto magnetocalórico.
- Fuentes generadoras de campo magnético.
- Optimización y diseño de prototipos.

¿Cuál es el principio de la refrigeración magnética?

La refrigeración magnética o también denominada refrigeración magnética de estado sólido, tiene su principio en un efecto intrínseco de los materiales magnéticos el cual se denomina efecto magnetocalórico (EMC).

El EMC se puede entender mediante la entropía del material (Ec. 1), la cual tiene tres contribuciones principales: la entropía de la red cristalina, la entropía del electrón y la entropía magnética debida a los momentos magnéticos asociados a la red cristalina (A.M. Tishin, 2003).

$$S_t = S_e + S_l + S_m \dots 1$$

Cuando el material sólido es expuesto a un campo magnético externo los momentos magnéticos de la red presentan transiciones de orden y desorden de las fases magnéticas; promoviendo una variación de la entropía magnética. Al tener condiciones adiabáticas el cambio de entropía total del sólido debe permanecer

constante, entonces la entropía de red y la entropía del electrón cambian su magnitud para mantener la entropía total constante (Ec. 2).

$$\Delta S_t = \Delta S_e + \Delta S_l + \Delta S_m \dots 2$$

La variación de la entropía de la red cristalina y el electrón están asociados a las vibraciones en la red, por lo cual su efecto macroscópico principal está en el aumento de la temperatura. Esto se puede repetir para generar un ciclo de refrigeración.

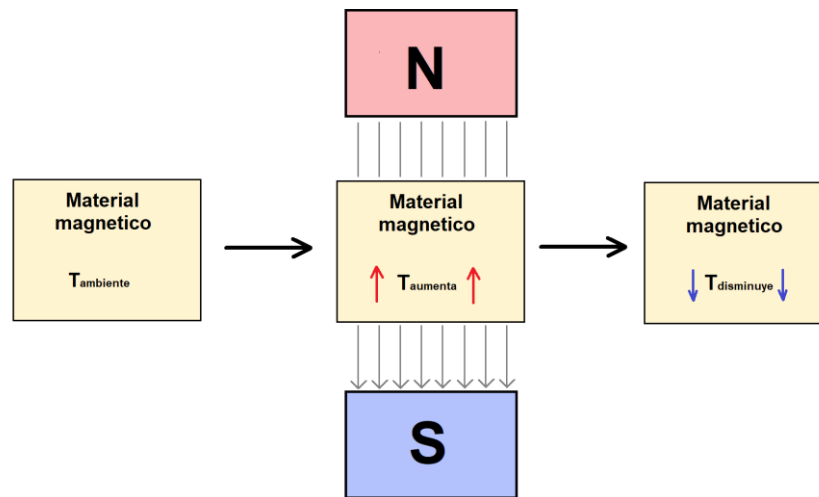


Figura 2- Efecto magnetocalórico en los materiales magnéticos.

¿Qué necesitan los materiales magnetocalóricos para ser empleados?

El material empleado debe presentar procesos de magnetización/desmagnetización en repetidas condiciones de operación, por lo cual se debe presentar diferentes propiedades en el intervalo de trabajo, de las más importantes se tienen las siguientes: temperatura de transición de fases magnéticas (T_T), cambio entrópico magnético (ΔS_m), toxicidad baja o nula, amigable ambientalmente, etc (Franco et al., 2018; Franco & BI, 2012).

El material con las mejores propiedades para los prototipos de refrigeración magnética de estado sólido a temperatura ambiente (295 °C aproximadamente) es el Gadolinio (Gd); el cual presenta baja histéresis magnética, temperatura de Curie próxima a la temperatura ambiente (293 °C). Sin embargo, su escasez relativa como recurso mineral, lo vuelve sumamente caro y su tendencia a la oxidación limita su vida efectiva como componente de trabajo; lo cual se traduce en una difícil apuesta para la aplicación a grado comercial. Por esta razón, la investigación científica y tecnológica busca intensamente aleaciones alternativas al Gd, con elementos que incluyen metales de transición, materiales compuestos, óxidos cerámicos, etc.

A continuación, se presenta una tabla comparativa (tabla 2) de algunas clases de materiales con efecto magnetocalórico.

Tabla 2.- Desempeño e Intervalo de operación de algunas familias de materiales con EMC(Franco et al., 2018).

Familia de Materiales	Intervalo aproximado donde se encuentra la $T_{\text{Transición}}$ [K]	Magnitud del EMC a cambios de 2 T
Fases de Laves	10-140	Medio-Alto
Aleaciones $Gd_5(Si,Ge)_4$	50-350	Alto
Manganitas de Lantano	150-350	Alto
Aleaciones de Heusler	200-350	Medio
Aleaciones $Mn(Fe,Co,Ni)(Si,Ge)$	150-380	Medio
Aleaciones MnAs	260-340	Medio
Aleaciones MnFe(P, As)	250-320	Medio-alto

¿Cómo se genera el campo magnético que emplean?

El campo magnético que se utiliza para el EMC tiene un valor alto. En el estado del arte el valor más pequeño para poder realizar un ciclo de refrigeración magnético es de aproximadamente 0.8 T, pero se debe apuntar a que los valores sean mayores, de entre 2 a 4 T aproximadamente. Para ello hay que estudiar la optimización de los diseños de generadores de campo magnético mediante imanes permanentes y electroimanes primordialmente.

Una matriz de Halbach es un arreglo de imanes permanentes de alta capacidad de campo magnético, que mediante la repulsión y atracción de campo lo enfocan en una zona reducida. Esta tecnología requiere de un diseño altamente especializado, por lo cuales sus costos son elevados(Bjørk et al., 2010).

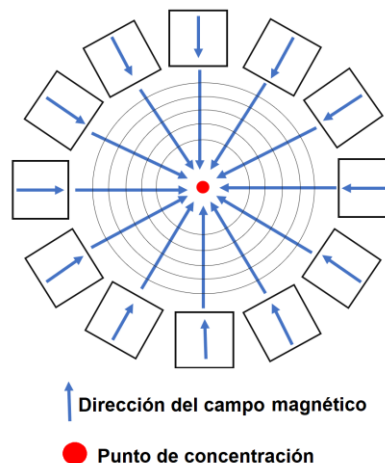


Figura 3- Diagrama representativo de una matriz circular de Halbach en dos dimensiones y su concentración de campo magnético.

Al considerar la relación entre el magnetismo y la electricidad descubierta por Hans Oersted en 1820, es posible el uso de electroimanes. Una bobina de Helmholtz es

un arreglo de electroimanes que concatenan el campo magnético en un área definida. Estas funcionan por medio del flujo de una corriente eléctrica, la cual tiene valores considerables. Sin embargo, pierde eficiencia e integridad por el efecto Joule (Yu et al., 2010).

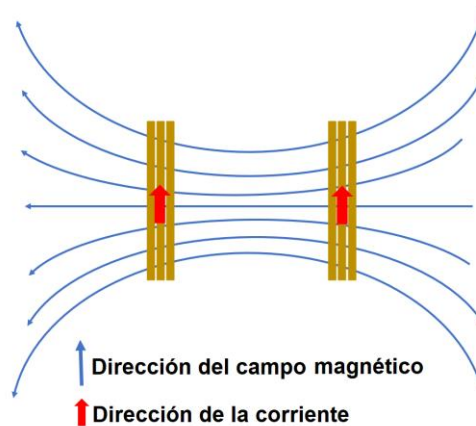


Figura 4- Diagrama representativo del campo magnético en un arreglo de bobinas tipo Helmholtz desde una perspectiva superior.

También existe la posibilidad del uso de materiales superconductores, sin embargo, estos no se encuentran disponibles a temperatura ambiente. Lo cual descarta el empleo de esta tecnología para sistemas de refrigeración magnética a dicha temperatura.

¿Cómo son los prototipos de refrigeración magnética?

El diseño de prototipos se ha vuelto una competencia puesto que el desarrollo tecnológico de la refrigeración magnética es un reto actual. Por lo cual, se buscan mejoras de la arquitectura; como el tamaño, los materiales con EMC, las fuentes de campo magnético y la disposición del material.

En general existen dos arquitecturas base: la rotatoria, la reciprocante o lineal. En el caso de los lineales los materiales son fijos en un marco deslizante, el cual se exponen los cambios magnéticos y la transferencia de calor al ser desplazados a lo largo de una línea recta. Los sistemas reciprocantes tienen un sistema de movimiento lineal para el material y/o imán. Esta arquitectura se apoya del uso de fluidos de transferencia para fomentar y aumentar el intercambio de energía térmica (Yu et al., 2010).

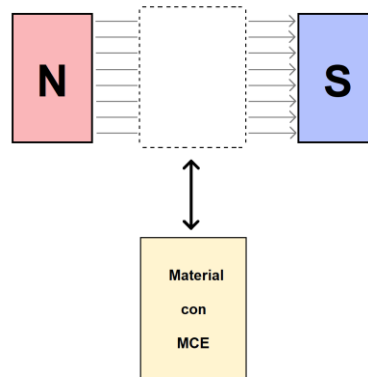


Figura 5- Esquema figurativo de una arquitectura recíproca o lineal.

En una arquitectura del tipo rotatorio se tiene al sólido magnético de tal forma que se desplaza sobre una trayectoria circular. Para el caso de los sistemas rotatorios el material se pone en segmentos discretos a lo largo de un disco. Este disco “rota” por regiones de diferente intensidad de campo magnético y además por zonas de intercambio de calor. Para implementar el intercambio de calor se hace uso de soluciones como flujos de fluidos o intercambiadores, primordialmente. Este diseño tiene un parámetro denominado como “frecuencia de operación”, la cual se describe como la cantidad de veces por segundo que un bloque de material realiza el ciclo a lo largo de una unidad de tiempo. Estas frecuencias tienen valores bajos que van desde 0.02 a 4 Hz (Rowe, 2011).

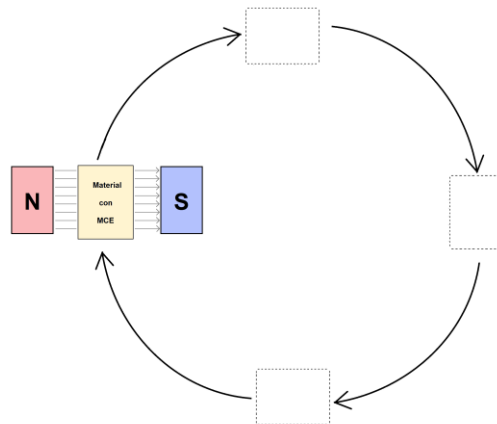


Figura 6- Esquema figurativo de una arquitectura rotatoria.

Conclusiones.

La refrigeración magnética por estado sólido es una tecnología sumamente atractiva por sus múltiples beneficios; alta eficiencia energética, amigable con la capa de ozono y más. Pero tecnológicamente cuenta con tres brechas primordiales a afrontar en el diseño y su optimización: los materiales, la fuente de campo magnético y el mismo prototipo. Las cuales están siendo atendidas por múltiples grupos de investigación multidisciplinarios nacionales e internacionales; acercando cada vez más a su aplicación e introducción en la sociedad.

Agradecimientos.

Los autores agradecen los apoyos otorgados por CONACYT para sus estudios de posgrados. También se agradece al Instituto de Investigaciones en Materiales y la Facultad de Ingeniería de la UNAM, al igual que al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica; por la calidad en su formación e instrucción dentro de sus programas académicos de maestría y doctorado.

Referencias

- A.M. Tishin, Y. I. S. (2003). *The Magnetocaloric Effect and its Applications* (1° Edition). CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781420033373>
- Bjørk, R. Å., Bahl, C. R. H., Smith, A., Christensen, D. V & Pryds, N. (2010). An optimized magnet for magnetic refrigeration. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 322(21), 3324–3328. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2010.06.017>
- Brown, D. R., Stout, T. B., Dirks, J. A. & Fernandez, N. (2012). The prospects of alternatives to vapor compression technology for space cooling and food refrigeration applications. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering*, 109(6), 7–20. <https://doi.org/10.1080/01998595.2012.10554226>
- Franco, V. & Bl, J. S. (2012). The Magnetocaloric Effect and Magnetic Refrigeration Near Room Temperature: Materials and Models. *Annual Review of Material Research*, 42, 305–342. <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-062910-100356>
- Franco, V., Blázquez, J. S., Ipus, J. J., Law, J. Y., Moreno-Ramírez, L. M. & Conde, A. (2018). Magnetocaloric effect: From materials research to refrigeration devices. *Progress in Materials Science*, 93, 112–232. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.10.005>
- Gauß, R., Homm, G. & Gutfleisch, O. (2016). The Resource Basis of Magnetic Refrigeration. *Journal of Industrial Ecology*, 21(5), 1291. <https://doi.org/10.1111/jiec.12488>
- Haford, T. (2018). *Cincuenta innovaciones que han cambiado al mundo*. Penguin Random House.
- Rowe, A. (2011). Configuration and performance analysis of magnetic refrigerators. *International Journal of Refrigeration*, 34(1), 168–177. <https://doi.org/10.1016/J.IJREFRIG.2010.08.014>
- Rowe, A. & Tura, A. (2008). Active magnetic regenerator performance enhancement using passive magnetic materials. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 320(7), 1357–1363. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2007.11.018>
- Tura, A. & Rowe, A. (2010). Permanent magnet magnetic refrigerator design and experimental characterization. *International Journal of Refrigeration*, 34(3), 628–639. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2010.12.009>
- Yu, B., Liu, M., Egolf, P. W. & Kitanovski, A. (2010). A review of magnetic refrigerator and heat pump prototypes built before the year 2010. *International Journal of Refrigeration*, 33(6), 1029–1060. <https://doi.org/10.1016/J.IJREFRIG.2010.04.002>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

MODELADO Y SIMULACIÓN DINÁMICA DE UN BRAZO ROBÓTICO DE TRES GRADOS DE LIBERTAD

A.M. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, S. Espinoza-Salgado, J.A. Peña Ramírez.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27
C.P. 62780 Zacatepec, Morelos, México
apenaram@hotmail.com, fm93090356@zcatepec.tecnm.mx, norma.oh@zcatepec.tecnm.mx, jesus.pr@zcatepec.tecnm.mx

Área de participación: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MP).

Resumen: El presente estudio se realiza la modelación y simulación de la dinámica de un robot antropomórfico de tres grados de libertad que tiene su espacio de trabajo tridimensional. Para trabajar con la dinámica se utiliza las ecuaciones de Euler-Lagrange que permiten calcular los torques en cada articulación mediante la matriz de inercia, las fuerzas centrífugas-centrípetas, así como el vector de gravedad.

Introducción.

La simulación tiene la finalidad de proyectar gráficamente el funcionamiento de un robot sin tener los elementos físicos del mismo y realizar el trabajo. La práctica de la simulación es muy usada porque la persistente mejora y perfeccionamiento de las maquinas como los robots son exigidas cada día en todas las industrias, por lo tanto, el estudio académico de estas áreas tiene la gran tarea de seguir analizando hasta conseguir su perfección, así mismo su continua mejora. (Díaz, 2020).

En este trabajo se realiza el modelado y la simulación de la dinámica de un robot antropomórfico de tres grados de libertad, en un marco de trabajo tridimensional (x, y, z). Se utiliza la ecuación matemática de Euler-Lagrange para resolver su dinámica que consigue obtener sus torques en cada articulación, los cuales resultan en el movimiento del brazo. (Cortés, 2012)

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Su metodología es basada en las ecuaciones de Euler-LaGrange, el primero Leonhard Paul Euler (1707-1783) quién hizo importantes aportaciones a la mecánica, el segundo Josep Louis Lagrange tuvo grandes aportaciones a la robótica (1736-1813). (R,C.F. 2012).

De acuerdo con la figura 1 se observa la forma del brazo robótico con su sistema de referencia R_a , la posición del efector final $h_a(t)$, las coordenadas de $h_a(t)=(h_{ax}, h_{ay}, h_{az})$ respecto de R_a y h, l_2, l_3 las medidas de los eslabones del brazo robótico q_1, q_2 y q_3 ; son las articulaciones para cada grado de libertad del robot manipulador.

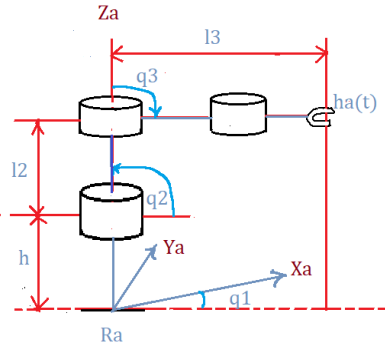


Figura 1: Articulaciones para cada grado de libertad del robot manipulador. (Propia)

Modelo Dinámico

Para que un brazo robótico logre sus movimientos cargando peso debe incluir el cálculo de la dinámica pues la cinemática solo considera la geometría de movimiento del brazo, el espacio tridimensional que ha de recorrer, en cambio la dinámica considera las fuerzas que se cuantifican para poder mover determinado peso y lograr su cometido con éxito. (Kumar, 2011)

Utilizando la ecuación Euler-LaGrange se consideran las fuerzas de la matriz de inercia, la matriz de las fuerzas centrípetas-centrífugas, así como el vector de gravedad (Diaz, 2020). Ver ecuación 1.

$$\tau = M_a(q_a)\ddot{q}_a(t) + C_a(q_a\dot{q}_a)\dot{q}_a(t) + g_a(q_a)$$

Ecuación 1: Ecuación Euler-Lagrange

La matriz de inercia representa la modificación de estado del movimiento dado que el robot sufre el cambio de velocidad al aplicarse un empuje, las fuerzas centrípetas y centrífugas permiten mantener el movimiento continuo y equilibrado de las articulaciones y así mismo del robot, y la fuerza de gravedad abona y permite el movimiento. (Colorado R, 2016)

El desarrollo de las matrices se muestra en: Matriz 1 de inercia, la matriz 2 de fuerzas centrífugas-centrípetas y la matriz 3 el vector de gravedad. (Torres Vargas, 2012).

$$M_a(q) = \begin{bmatrix} M_{a11} & 0 & 0 \\ 0 & M_{a22} & M_{a23} \\ 0 & M_{a32} & M_{a33} \end{bmatrix}$$

Matriz 1: Matriz de Inercia.

$$C_a(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} C_{a11} & C_{a12} & C_{a13} \\ C_{a21} & C_{a22} & C_{a23} \\ C_{a31} & C_{a32} & C_{a33} \end{bmatrix}$$

Matriz 2: Fuerzas Centrípetas-Centrífugas

$$g_a(q) = [g_{a2} - gl_3 m_3 \cos(q_2 + q_3) + gl_2 m_2 \cos(q_2) + gl_2 m_3 \cos(q_2) + m_3 gl_3 \cos(q_2 + q_3)]$$

Matriz 3: Vector de gravedad.

Se presenta el código en MATLAB para la modelación dinámica para los movimientos físicos del brazo robótico, ver figura 2.

```

sigma1 = Kd/Kp;
sigma2 = (Ra)/(Ka*Kp)*l2^2*m2;
sigma3 = (Ra)/(Ka*Kp)*l2^2*m3;
sigma4 = (Ra)/(Ka*Kp)*l3^2*m3;
sigma5 = (Ra)/(Ka*Kp)*l2*l3*m3;
sigma6 = Kb/Kp+1;
sigma7 = Ra/(Ka*Kp)*g*l2*m2;
sigma8 = Ra/(Ka*Kp)*g*l2*(m2+m3);
sigma9 = Ra/(Ka*Kp)*g*l3*m3;

M = [sigma_1+(sigma_2*cos(q2(k))^2) + (sigma_3*cos(q2(k))^2) + (sigma_4*cos(q2(k)+q3(k))^2) +
(2*sigma_5*cos(q2(k)+q3(k))*cos(q2(k))), 0, 0;
0, sigma_1+sigma_2+sigma_3+sigma_4+(2*sigma_5*cos(q3(k))), sigma_4+(sigma5*cos(q3(k)));
0, sigma_4+(sigma_5*cos(q3(k))), sigma_1+sigma_4];

C11 = sigma-6-(q3p(k)/2)*(sigma_4*sin(2*q2(k)+ 2*q3(k))+sigma_5*(sin(q3(k))
+sin(2*q2(k)+q3(k))))+...
q2p(k)*(sigma_4*sin(2*q2(k)+2*q3(k))
+sigma2*sin(2*q2(k))+sigma_3*sin(2*q2(k))+2*sigma_5*sin(2*q2(k)+q3(k)));

C12 = -(q1p(k)/2)*(sigma_2*sin(2*q2(k))+sigma_3*sin(2*q2(k))
+sigma_4*sin(2*q2(k)+2*q3(k))+2*sigma_5*sin(2*q2(k)+q3(k)));

C13 = -q1p(k)*(sigma_4*cos(q2(k)+q3(k))*sin(q2(k)+q3(k))
+sigma_5*sin(q2(k)+q3(k))*cos(q2(k)));

C21 = (q1p(k)/2)*(sigma_2*sin(2*q2(k))+sigma_3*sin(2*q2(k))
+sigma_4*sin(2*q2(k)+2*q3(k))+2*sigma_5*sin(2*q2(k)+q3(k)));

C22 = sigma_6-sigma_5*q3p(k)*sin(q3(k));

C23 = -sigma-5*sin(q3(k))*(q2p(k)+q3p(k));

C31 = (q1p(k)/2)*(sigma-4*sin(2*q2(k)+2*q3(k))
+sigma-5*(sin(q3(k))+sin(2*q2(k)+q3(k))));

C32 = sigma-5*q2p(k)*sin(q3(k));

C33 = sigma-6;

g = [0; sigma-7*cos(q2(k))+sigma-8*cos(q2(k))
+sigma-9*cos(q2(k)+q3(k));
Sigma-9*cos(q2(k)+q3(k))];

```

Figura 2: Código en MATLAB para la dinámica del brazo robótico

En la tabla 1, se visualizan la información de la trayectoria sobre los movimientos de la simulación de las coordenadas cartesianas (x, y, z), iniciando con la posición

para q_1 con grado 0, q_2 con grado 90, q_3 con grado -90. Ver Tabla 1. (MathWorks, 2022).

Tabla 1. Resultados de los datos de la simulación (propia).

	A	B	C
1	X	Y	Z
2	0	1.5708	-1.5708
3	0	1.5608	-1.577
4	0.027149	1.5812	-1.5599
5	0.082619	1.6738	1.5163
6	0.15125	1.6799	-1.4596
7	0.21069	1.7292	-1.4108
8	0.24052	1.7527	-1.3896
9	0.23032	1.7397	-1.4066
10	0.1839	1.6915	-1.4592
11	0.11774	1.6211	-1.5328
12	0.054771	1.549+7	1.605
13	0.016572	1.4993	-1.6541
14	0.016408	1.4845	-1.6665
15	0.054383	1.507	-1.6414
16	0.11716	1.5549	-1.5913
17	0.18278	1.6074	-1.5372
18	0.00825	1.6427	-1.5018

En la figura 3 podemos observar la imagen del modelado y simulación en Matlab de la dinámica del brazo robótico de tres grados de libertad dicha imagen se tomó del brazo robótico servo SG90 Arduino 3d.

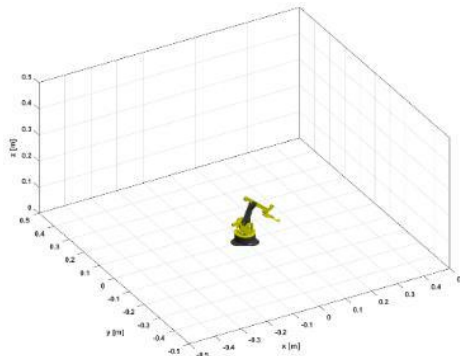


Figura 3: Simulación de la trayectoria en Matlab (propia).

Por otro lado, se muestra el Brazo Robótico Servo Sg90 Mg90s Arduino 3d ver figura, para obtener las pruebas experimentales. Se inicia con la articulación q_1 con 0° , q_2 con 90° grados, q_3 con -90° .

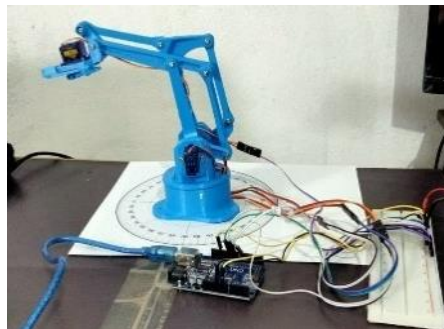


Figura 4. Brazo Robótico Servo Sg90 Mg90s, Arduino 3D

Conclusiones.

La cinemática y la dinámica son cruciales para mover cualquier robot, considerando no solo sus movimientos, sino también las fuerzas que requiere para lograrlo. Este trabajo determina las posiciones de las articulaciones, la trayectoria que recorre en cada movimiento incluyendo las cargas que lleva, pues no solo se trata de mover los eslabones del brazo robótico sino calcular que fuerzas influyen para realizar dicho movimiento. La simulación es un tema muy usado para analizar, mejorar y perfeccionar los movimientos en el estudio académico de la robótica, que son demandados para diferentes procesos tanto en la industria como en otras áreas.

Agradecimientos:

Al Instituto Tecnológico de Zacatepec por acogerme en mi desarrollo profesional proporcionándome los mejores maestros y recursos de esta respetable institución. A la MI. Norma J. Ontiveros por su apertura para este proyecto, al Doctor Sócrates Espinoza por su apoyo y al Doctor Jesús Ángel Peña por su gran entusiasmo y constancia, a todos por su colaboración y guía.

Referencias

- Colorado R, M. (2016). *Cinemática y Dinámica de Robots*. México: Alfaomega.
- Diaz, A. R. (2020). *Robótica diseño y aplicación*. Marcombo.
- Kumar Saha, S. (2011). *Introducción a la robótica*. España: McGraw-Hill. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/itzacatepec/36580?page=83>
- MathWorks. (2022). *MathWorks*. Obtenido de <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>
- R, C. F. (2011). *Control de Robots manipuladores*. México: Alfaomega.
- Torres Vargas, L. Z. (2012). *Introducción a la robótica*. Grupo editorial Exodo. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/itzacatepec/128561?page=41>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ACTIVIDAD PROVOCADORA DE MODELOS: RESIDUOS DE PAÑALES DESECHABLES

J. Zambrano-Ayala, B. I. Morales-Reyes, M. G. Rodríguez-Muñoz, K. B. Castro-Sarmiento

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Calle 608 No. 300 y Av.412, Col. San Juan de Aragón, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07470, CDMX
jose.za@gamadero.tecnm.mx, L191130583@gamadero.tecnm.mx,
L191130595@gamadero.tecnm.mx, L191130567@gamadero.tecnm.mx

Área de participación: RETOS Y PERSPECTIVAS EN LA APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB)

Resumen: Reportamos resultados de una investigación, en etapa piloto, relacionada con el aprendizaje del concepto de función por estudiantes de nivel superior al realizar actividades provocadoras de modelos [APM]. Presentamos una actividad relacionada con la contaminación que producen los residuos de pañales desechables vertidos en los basureros de la Ciudad de México (CDMX). La APM está relacionada con *Ecuaciones diferenciales* que se cursa en el cuarto semestre de *Ingeniería ambiental* en el subtema *Aplicaciones*, la cual se llevó a cabo en noviembre de 2021 en un tecnológico ubicado al norte de la Ciudad de México. Ésta se aplicó a 12 estudiantes de Ingeniería ambiental agrupados en equipos de tres integrantes, que al momento de la toma de datos cursaban esta asignatura. Nos apoyamos en GeoGebra para la solución de la APM y dar forma a un tratamiento matemático mediante representaciones tabular, gráfico y simbólico con el que se pudo proponer modelos exponenciales que indiquen la *cantidad de toneladas de pañales desechables vertidos en los basureros de la CDMX* (en adelante T-PD-CDMX). Los resultados indican desde la generación tabular hasta el planteamiento de una ecuación diferencial, éstos fueron analizados por el marco teórico de Modelos y Modelación (en adelante MM), en particular con el apoyo de los seis principios definidos por Lesh y Doerr (2003), Doerr (2016), Lesh (2010). La pregunta de investigación que guió nuestra investigación es ¿Cómo contribuye una APM, diseñada a partir de la T-PD-CDMX, al desarrollo y construcción de conocimiento matemático por estudiantes de Ingeniería ambiental?

Introducción.

De acuerdo con Garfunkel y Montgomery (2019) la modelación matemática, del mundo real –o circunstancial– cuya aplicación favorezca la construcción de conceptos matemáticos, es una forma de aprender matemáticas en los diferentes niveles educativos. Particularmente, en la asignatura de Ecuaciones diferenciales que se imparte en diferentes ingenierías del Tecnológico Nacional de México, se prevé que en *Aplicaciones* se estudie modelación de ecuaciones diferenciales de primer orden.

Investigadores como Lesh y Doerr (2003) mencionan que el método de enseñanza a través de modelación matemática para resolver problemas de la vida real favorece el aprendizaje de las matemáticas, situación que de acuerdo con Serrano-Martínez (2013) sería conveniente que la modelación matemática formara parte del currículo en el nivel universitario –al menos en las licenciaturas de economía y empresas– y con ello sea posible que el estudiante aprenda conceptos mediante métodos heurísticos e ideas contextualizadas.

Durante la aplicación de una APM los estudiantes pueden construir modelos matemáticos con la finalidad de contrastar y refinar los conceptos en estudio. La comunicación y confrontación favorecen a resaltar información relacionada con su conocimiento. Este proceso, permitirá desarrollar habilidades en ellos para crear

nuevos modelos a partir de experiencias previas (Lesh & Doerr, 2003, p. 24-25; Lesh, Cramer, Doerr, Post, & Zawojewsky, 2003); así mismo, la solución de la APM, permite a los estudiantes resolver problemas de la vida real relacionados con su perfil profesional, que de acuerdo con Årlebäck, Doerr y O'Neil (2013, p. 316) ellos podrán *describir, explicar o predecir* el comportamiento de situaciones significativas a su interés, elementos que son observados a través de la teoría de MM.

Con la aplicación por estudiantes de la APM se pretende la construcción de conceptos matemáticos; ello, de acuerdo con sus habilidades y conocimientos previos y por su capacidad de analizar y describir situaciones de la vida cotidiana. A decir por Årlebäck, Doerr, y O'Neil (2013, p. 317), ésta conceptualización sucede a través de relaciones entre cantidades que surgen de acuerdo con las características de los objetos en estudio.

Fundamento Teórico.

Los datos en la investigación fueron analizados por la perspectiva MM (Lesh & Doerr, 2003; Doerr, 2016; Lesh, 2010) la cual permite *describir, interpretar y predecir* cómo el estudiante, así como otros estudiantes y el profesor: *modifica, amplía y refina* el aprendizaje de las matemáticas por medio del desarrollo de modelos (Lesh & Doerr, 2003). Estos modelos se pueden *compartir, manipular, modificar y reutilizar* para *describir, interpretar, construir, manipular, predecir o controlar sistemas* (Vargas, Reyes & Cristóbal, 2018).

De acuerdo con Lesh y Doerr (2003) esta teoría evalúa el aprendizaje de un concepto mediante el desarrollo de modelos construidos a partir de situaciones reales que enfrenta el individuo en su entorno con la finalidad de cuantificar información cuantitativa, medir, ubicar sistemas de referencia, organizar y analizar datos numéricos, resolución de ecuaciones o aplicación de procedimientos.

Metodología.

La solución de la APM "RESIDUOS DE PAÑALES DESECHABLES: un problema ambiental en la Ciudad de México" (en adelante APM-RPD) se llevó a cabo por estudiantes del cuarto semestre de Ingeniería ambiental, como una actividad complementaria de la asignatura Ecuaciones diferenciales durante el desarrollo del subtema *Aplicaciones* en un instituto tecnológico ubicado al norte de la CDMX, la actividad se llevó a cabo en noviembre de 2021. Al momento de la toma de datos, los estudiantes oscilaban entre 20 y 25 años. Durante la práctica para la solución de la APM-RPD, los estudiantes pudieron hacer uso de diferentes recursos para la solución, entre éstos destacan el uso de medios electrónicos, así como información localizada en internet que para ellos consideraban importante.

Para lograr lo señalado en el marco teórico, la APM-RPD se diseñó de acuerdo con los principios propuestos por Lesh, Cramer, Doerr, Post y Zawojewsky (2003) y Doerr (2016): *Principio de la realidad, Principio de la construcción de modelos, Principio de la autoevaluación, Principio de documentación del modelo, Principio de la reutilización del modelo y Principio de la generalización del modelo* (para una mayor descripción véase Vargas, Reyes & Cristóbal 2018).

El análisis de resultados se obtuvo a partir de la implementación de la APM-RPD con base en el cumplimiento de los conceptos de *describir*, *interpretar* y *predecir* modelos matemáticos; ello permitió revisar el conocimiento desarrollado por los estudiantes.

La APM-RPD.

La Figura 1 muestra la APM-RPD cuyo diseño corresponde a una investigación de tipo cualitativo. Con esta actividad es posible que los estudiantes desarrollen los conceptos de función, ecuación y variación, así como crecimiento y razón de cambio. La APM-RPD contiene información tomada del Senado de la República a través de la moción PROPOSICIÓN CON PUNTO DE ACUERDO PARA GENERAR POLÍTICAS PÚBLICAS EN EL USO DE INSUMOS SANITARIOS EN EL SECTOR SALUD Y CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN PARA REDUCIR LA HUELLA ECOLÓGICA DE ÉSTOS planteada por el Senador Carlos Alberto Puente Salas (Gob. mx, 2016). La actividad se llevó a cabo con un grupo de 12 estudiantes de Ingeniería ambiental en un instituto tecnológico al norte de la CDMX, que al momento de la toma de datos cursaban Ecuaciones diferenciales y sus edades oscilaban entre 20 y 25 años.

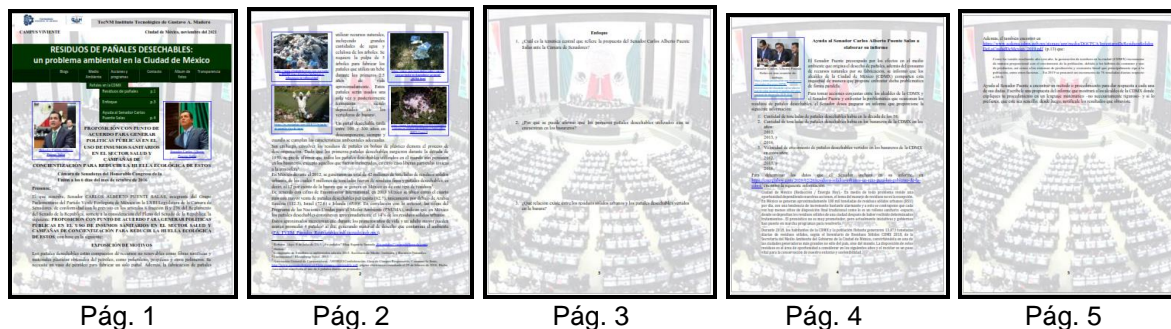


Figura 1. APM Residuos de pañales desechables.

La actividad se llevó a cabo mediante la aplicación de la APM-RPD bajo el siguiente procedimiento: 1) entrega del documento a los equipos, 2) lectura de las páginas uno y dos a cargo de uno de los estudiantes, 3) los equipos comentaron la lectura de las dos primeras páginas de la APM-RPD y contestaron las preguntas planteadas en “Enfoque” (Figura 1 pág. 3 de la APM-RPD), 4) cada equipo dio lectura de la página 4, esta contenía información adicional que ayudó a contestar las preguntas ahí planteadas, y 5) los equipos expusieron sus propuestas de modelos para su análisis, retroalimentación, refinamiento y evaluación así como las respuestas a las preguntas planteadas en la APM-RPD.

Tratamiento matemático con apoyo de GeoGebra para la solución de la APM-RPD.

Para responder las preguntas planteadas en la APM-RPD, apartado “Ayuda al Senador Carlos Alberto Puente Salas a elaborar su informe”, se tomó en cuenta que la T-PD-CDMX tiende a incrementar respecto al tiempo y que no se aplican medidas para frenar o disminuir este crecimiento; también, se parte de la suposición de que el aumento la T-PD-CDMX es exponencial. La Tabla 1 muestra, en color azul, información que proporciona la APM-RPD; asimismo, la columna “Toneladas x año de residuos urbanos” se obtuvo de multiplicar cada elemento de la columna “Toneladas x día de residuos urbanos” por 360 que aquí suponemos son los días

que tiene un año; de éstas, el 14% representan la cantidad de toneladas de pañales desechados presentes en un año. Por ejemplo, el cálculo de las toneladas de pañales en 2014 se obtiene de: $(12,893 \times 360) \times 0.14 = 649,807.2$.

Tabla 1. Información rescatada de la APM-RPD sobre la T-PD-CDMX.

Año	Año cero y siguientes	Toneladas x día de residuos urbanos	Toneladas x año de residuos urbanos	(año cero , Toneladas de residuos urbanos x año)	Toneladas de pañales x año	(año cero , Toneladas de pañales x año)
2014	0	12893	4641480	(0, 4641480)	649807.2	(0, 649807.2)
2015	1	12843	4623480	(1, 4623480)	647287.2	(1, 647287.2)
2016	2	12920	4651200	(2, 4651200)	651168	(2, 651168)
2017	3	12998	4679280	(3, 4679280)	655099.2	(3, 655099.2)
2018	4	13073	4706280	(4, 4706280)	658879.2	(4, 658879.2)
2019	5	13149	4733640	(5, 4733640)	662709.6	(5, 662709.6)

Para representar en un plano cartesiano los puntos (tiempo, Toneladas) se ha determinado que el año 2014 sea el 0 en la línea de tiempo de la Figura 2, el año 2015 sea el año 1 y así sucesivamente, de manera que se localizan en este plano los puntos de las columnas “(año cero, Toneladas de residuos urbanos x año)” y “(año cero, Toneladas de pañales x año)” de la Tabla 1 y que están representados en el plano de la Figura 2.

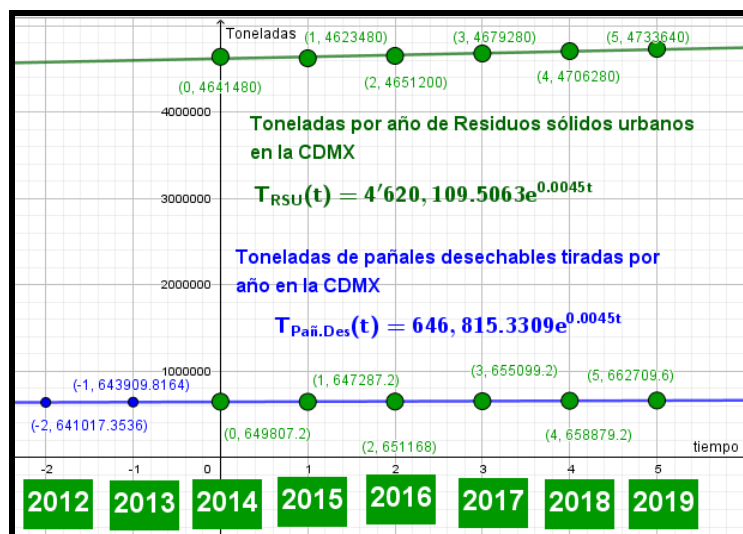


Figura 2. Toneladas por año de Residuos sólidos urbanos y de Pañales desechables.

En el estudio se supone un modelo de la forma $f(t) = ae^{bt}$ para el conjunto de puntos que representan las toneladas de Residuos sólidos urbanos (en adelante RSU) y de Toneladas de pañales desechables presente en el tiempo t , para ello se hizo un ajuste de estos puntos al modelo exponencial lo que resultó en:

Toneladas por año de Residuos sólidos urbanos en la CDMX $T_{RSU}(t) = 4'620,109.5063e^{0.0045t}$

Toneladas de pañales desechables tirados por año en la CDMX $T_{Pañ.Des}(t) = 646,815.3309e^{0.0045t}$

A partir de $T_{Pañ.Des}(t) = 646,815.3309e^{0.0045t}$ se da respuesta a las preguntas planteadas en la APM-RPD, éstas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Respuesta a las preguntas planteadas en la APM.

Cantidad aproximada de toneladas de pañales desechables que había en los basureros de la CDMX en los años:	
2012	$T_{Pañ.Des}(-2) = 646,815.3309e^{0.0045(-2)} \approx 641,017.35 \text{ Ton.}$
2013	$T_{Pañ.Des}(-1) = 646,815.3309e^{0.0045(-1)} \approx 643,909.82 \text{ Ton.}$
2016	$T_{Pañ.Des}(2) = 646,815.3309e^{0.0045(2)} \approx 652,665.75 \text{ Ton.}$
Velocidad aproximada de crecimiento de pañales desechables vertidos en los basureros de la CDMX en estos años:	
2012	$\frac{d}{dt}T_{Pañ.Des}(-2) = 2912.06e^{0.0045(-2)} \approx 2,885.96 \frac{\text{Ton.}}{\text{año}}$
2013	$\frac{d}{dt}T_{Pañ.Des}(-1) = 2912.06e^{0.0045(-1)} \approx 2,898.98 \frac{\text{Ton.}}{\text{año}}$
2016	$\frac{d}{dt}T_{Pañ.Des}(2) = 2912.06e^{0.0045(2)} \approx 2,938.39 \frac{\text{Ton.}}{\text{año}}$

Resultados y Discusión.

En el estudio se revisaron y discutieron los datos de dos equipos participantes: Equipo 1 y Equipo 4, en adelante respectivamente E1 y E4. Las actividades reportadas por los equipos fueron analizadas de acuerdo con el Fundamento Teórico comentado en este documento. Por ejemplo, se reporta si las tareas de los estudiantes tienen contenido de *describir*, *interpretar* y *predecir* modelos matemáticos sobre la T-PD-CDMX, así como la velocidad de crecimiento de éstos en los años de interés comentados en la APM-RPD.

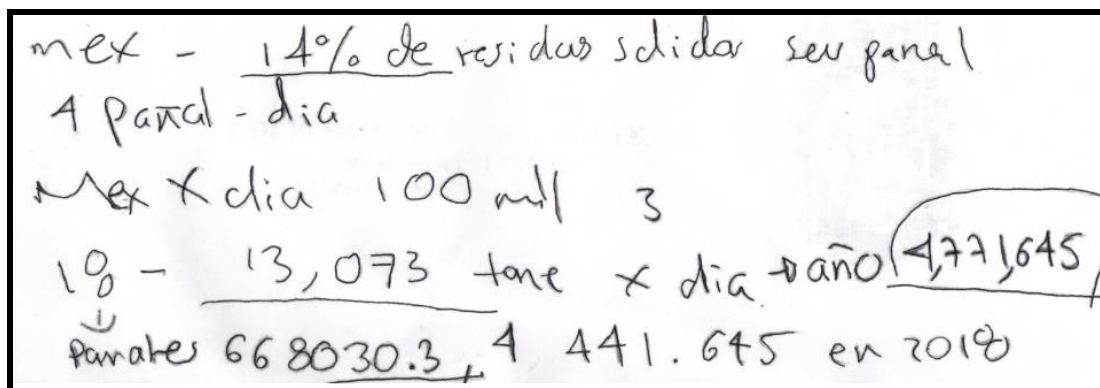


Figura 3. Cálculo del Equipo 1 de la T-PD-CDMX en 2018.

La Figura 3 muestra cómo el E1 interpretó la información de la APM-RPD. Este equipo identificó la relación entre los RSU y el porcentaje de éstos (14%) que corresponde al de T-PD-CDMX. Los estudiantes *describen* mediante un cálculo aritmético que en el año 2018 había en los basureros de la CDMX 13,073 toneladas diarias de RSU cuyo cúmulo anual¹ fue de 4'771,645 toneladas de este tipo de basura, de las cuales 668,030.3 toneladas corresponden a pañales desechables.

¹ El Equipo 1 interpretó que un año es igual a 365 días.

La Figura 4 ilustra una tabla con los resultados obtenidos del E1 entre los años 2014 y 2019.

	X días Toneladas	año	Toneladas Anuales φ	RSU	Pañales
2014	$\rightarrow 1893$		$\rightarrow 4,705,945$ toneladas		$\rightarrow 658832.3$ Ton
2015	$\rightarrow 12843$		$\rightarrow 4,687,645$ ton.		$\rightarrow 656277.3$ Ton
2016	$\rightarrow 12920$		$\rightarrow 4,715,800$ Ton		$\rightarrow 660212$ Ton
2017	$\rightarrow 12498$		$\rightarrow 4,744,270$ Ton		$\rightarrow 664197.8$ Ton
2018	$\rightarrow 13,073$		$\rightarrow 4,771,645$ Ton		$\rightarrow 668030.3$ Ton
2019	$\rightarrow 13149$		$\rightarrow 4,799,381$ toneladas		$\rightarrow 671913.34$ Ton

Figura 4. Resultados del Equipo 1 de la T-PD-CDMX entre los años 2014 y 2019.

Los resultados proporcionados por el E1 en la tabla de la Figura 4 fueron muy valiosos para la solución de la APM-RPD; sin embargo, este equipo no trascendió en la *interpretación* y por tanto en la *predicción* de los resultados solicitados: cálculo de la T-PD-CDMX en los años 2012 a 2013 y 2016 y sus respectivas velocidades de crecimiento. Este equipo no usó correctamente el recurso gráfico y tampoco implementó el simbólico (expresiones algebraicas, de cálculo diferencial e integral, planteamiento de una ecuación diferencial con valores iniciales) para lograr el objetivo antes citado.

A diferencia del E1, el E4 describe mediante representación gráfica y su correspondiente planteamiento simbólico lo que parece una ecuación diferencial con valores en la frontera con los cuales se observa un crecimiento exponencial de la T-PD-CDMX (véase Figura 5), ello con la intención de *interpretar* y *predecir* la solución de la APM; sin embargo, este equipo no reportó el análisis que exigía la relación entre los RSU y T-PD-CDMX. Es importante señalar que éste análisis sí lo llevó a cabo el E1.

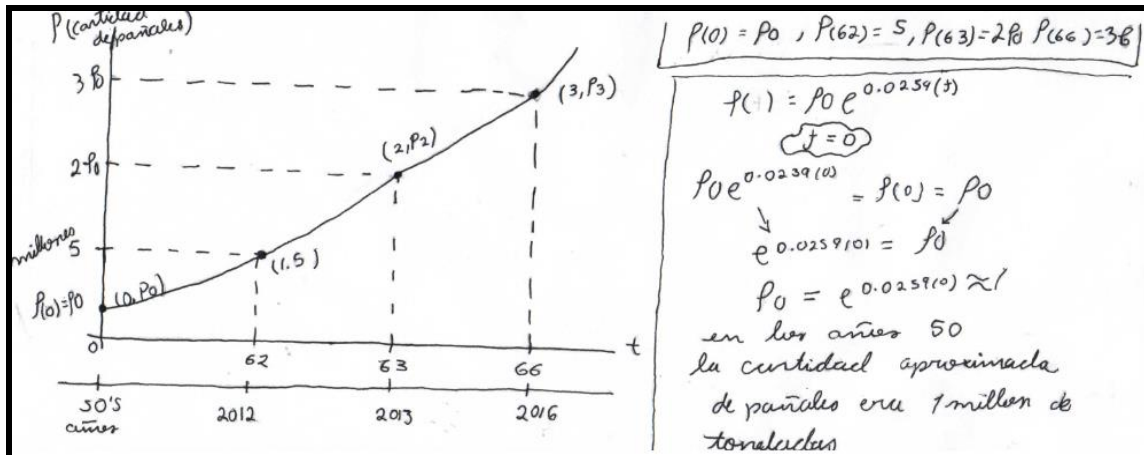


Figura 5. Interpretación y predicción del E4 en la solución de la APM.

Los resultados en la solución de la APM-RPD entre los equipos 1 y 4 fueron complementarios; es decir, al E1 le faltó *interpretar* y *predecir* la T-PD-CDMX, mientras que al E4 no *describió* la relación entre la cantidad de toneladas de RSU y la T-PD-CDMX. Los respectivos resultados complementarios de estos equipos

fueron señalados e identificados por los integrantes de ambos equipos en el momento de exponer sus respectivos trabajos con el objeto de retroalimentar la actividad y por tanto su conocimiento. Si bien los equipos participantes no propusieron modelos matemáticos simbólicos que permitieran la solución de la APM-RPD, ellos trabajaron con herramientas como cálculo aritmético, representación tabular, representación gráfica, así como un esbozo en el planteamiento y solución de una ecuación diferencial con valores en la frontera.

Conclusiones.

El trabajo de los equipos reportado en este estudio contesta parcialmente la pregunta de investigación ¿Cómo contribuye una APM, diseñada a partir de la T-PD-CDMX, al desarrollo y construcción de conocimiento matemático por estudiantes de Ingeniería ambiental? Esto obedece a que los resultados derivaron principalmente en cálculos aritméticos, tabular, así como el esbozo en el planteamiento de una ecuación diferencial con valores en la frontera cuya solución (en forma gráfica) simulaba el crecimiento de la T-PD-CDMX y sus respectivas velocidades de crecimiento –en los años de interés señalados en la APM-RPD–. Sin embargo, como resultado de la exposición de los equipos 1 y 4 se observó en ésta un complemento en la solución de la APM-RPD. Con ello, los integrantes de estos equipos tuvieron la oportunidad de reflexionar los conceptos matemáticos para los cuales fue diseñada esta actividad provocadora de modelos. Como la presente investigación se encuentra en fase piloto, se procederá a modificar la APM-RPD con intención de trascender favorablemente en su solución para promover la generalización del modelo.

Agradecimientos.

A la Dirección, Subdirección académica y Departamento de Ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero por las facilidades otorgadas para la realización, ejecución y financiamiento de la presente investigación.

Referencias.

- Årlebäck, J. B., Doerr, H., & O’Neill, A. (2013). A modeling perspective on interpreting rates of change in context. *Mathematical Thinking and Learning*, 15(4), 314-336.
- Doerr, H. M. (2016). Designing sequences of model development tasks. En C. R. Hirsch & A. R. McDuffie (Eds.), *Annual Perspectives in Mathematics Education 2016: Mathematical modeling and modeling mathematics* (pp. 197-205). Reston, Va: National Council of Teachers of Mathematics.
- Gob.mx (2016). Proposición con punto de acuerdo para generar políticas públicas en el uso de insumos sanitarios en el sector salud y campañas de concientización para reducir la huella ecológica de éstos. Recuperado 8 de marzo de 2023, de https://www.senado.gob.mx/comisiones/medio_ambiente/docs/puntos/PA210-EXP1824.pdf
- Granfunkel, S. & Montgomery, M. (Eds.). (2019). *Guidelines for Assessment and Instructions in Mathematical Modeling Education*. SIAM. [GAIMME-2nd-ed-final-online-viewing-color.pdf \(siam.org\)](https://www.siam.org)
- Lesh, R. (2010). Tools, researchable issues and conjectures for investigating what it means to understand statistics (or other topics) meaningfully. *Journal of Mathematical Modeling and Application*, 1(2), 16-48.
- Lesh, R. & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modelling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. En R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond Constructivism. Models and Modeling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching* (pp.

- 3-34). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R. Cramer, K. Doerr, H. M., Post, T., & Zawojewsky, J. S. (2003). Model development equences. En R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond Constructivism. Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 35-59). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Serrano-Mrtínez, L. (2013). La modelización matemática en los estudios universitarios de economía y empresa: análisis ecológico y propuesta didáctica. (Tesis doctoral, Universitat Ramon Llull, Balcelona, España). <https://www.tesisenred.net/handle/10803/101204#page=1>
- Vargas, A. V., Reyes, R. A., & Cristóbal, E. C. (2018). La deforestación como consecuencia del incremento de áreas de cultivo. *Épsilon – Revista de Educación Matemática*, 99: 7-28.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

LA TECNOLOGÍA QR COMO APOYO EN EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA.

D. Domínguez Estudillo, J.L. Eguía Rivas, M. L. Acosta Miranda, L. Ángeles Hernández

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca
S/N, Col. Juan Morales, C.P. 62826, Yecapixtla, Morelos.

daniel.dominguez@cuautla.tecnm.mx, jose.egua@cuautla.tecnm.mx,
monica.acosta@cuautla.tecnm.mx, leonor.angeles@cuautla.tecnm.mx

Área de participación: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB)

Resumen: En este trabajo se describen los resultados de la puesta en práctica de la utilización de códigos QR como herramienta didáctica en los Laboratorios de Química de la Institución para la comprensión, facilitación y apoyo bibliográfico en la interacción Facilitador-Alumno. El enfoque de la investigación se considera que sea mixto (cuantitativo y cualitativo). El análisis se plantea como retrospectivo y prospectivo, con un área de estudio actual con alumnos inscritos en el semestre Ago-Dic 2022 en las asignaturas de la materia de Química de los diversos programas educativos ofertados en el ITC, con la finalidad de reducir los tiempos de exposición de información, facilidad de manejo de TIC's así como diversificar los tipos de aprendizaje: visual, auditivo y kinestésico.

Introducción.

Como resultado de la utilización de las TIC's en la educación impulsada por el aislamiento social por el COVID-19 algunas estrategias de aprendizaje fueron incorporadas por los docentes, ahora que la normalidad en la toma de materias de forma presencial implica un nuevo reto al docente que debe incorporar nuevas estrategias educativas (Esto derivado del aprendizaje en el aislamiento) y apoyado de una herramienta tan eficiente como los códigos QR, multiplicando las posibilidades de uso de contenidos y aplicaciones de uso educativo, en su gran mayoría estas fuentes de información pueden ser encontradas en Internet.

Algunos ejemplos de su utilización son:

- Textos con información adicionales.
- Formularios de preguntas sobre un tema.
- Acceso a foros de discusión
- Enlaces con recursos clasificados por temas.
- Demostraciones prácticas de determinados procesos.

Dichas herramientas tecnológicas pueden ser utilizadas para elevar el grado de aprendizaje en los alumnos que ven en el internet una herramienta cotidiana para alcanzar cualquier información, por lo que se determina su utilización como estrategia de aprendizaje significativo.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

En los últimos dos años la actividad cotidiana se ha enfocado en las herramientas tecnológicas que el aislamiento social nos ha obligado a hacer, en este mismo tenor y ante la evolución y crecimiento de las TIC's éstas se han vuelto imprescindibles en el uso de cualquier tipo de información convirtiéndose en un forma de vida al interactuar en tiempo real con otros integrantes de la sociedad que no se quedó

quieta y por el contrario demandó mayor uso y demanda de servicios relacionados con las Tecnologías de la Información, transformando nuestras vidas en cuanto a manejo de la realidad que ahora también a mutado en una interacción virtual, que rompa fronteras y formas de conocimiento.

Resultados y Discusión.

La utilización de códigos QR (Quick Response) puede ser una herramienta muy fácil de utilizar como auxiliar en el proceso de enseñanza, razón por la cual se utilizará de forma frecuente en esta investigación con el siguiente procedimiento

1.- Elegir página generadora de códigos QR

Para poder generar códigos QR es necesario utilizar una aplicación para generarlas, por lo que en la búsqueda de generadores de códigos se determinó utilizar la siguiente aplicación:

<https://es.qr-code-generator.com/>

Este código se vinculó directamente con uno de los servicios más recurrentes de GOOGLE "Google Drive" donde se creó una carpeta compartida para cualquier usuario con extensión @cuautla.tecnm.mx pueda consultar a cualquier hora y en todo momento, de la misma manera se utilizaron referencias electrónicas (Links) para enriquecer la información teórica relacionada con el tema. Con esto, se puede agilizar el estudio de la práctica a desarrollar con el simple hecho de conocer el programa de estudio del docente que impartirá dicha materia.

Todas las prácticas y documentos de apoyo de esta materia se documentaron en un formato PDF en un Google Drive de alojamiento para la facilidad de su manejo.

2.- Una vez en la página se copia y pega el URL de cada una de las páginas web que contienen la información del tema a revisar y damos clic en generar imagen (Figura 1).



Figura 1. Pagina Web de Generador de Códigos QR

3.- En breve la página genera un código y se obtiene la imagen del QR (Figura 2).



Figura 2. Temario Química

De esta manera se obtienen los siguientes beneficios:

- Acceso rápido a la información de los temas del programa de las materias.
- Consultar los archivos en cualquier hora y fecha
- Facilita el estudio de los temas para obtener mejores resultados y un mayor aprendizaje a través de la discusión, foros e interacción con una misma información.

- Facilita la comunicación entre alumnos y docentes
- Ahorra costos de impresiones y reduce la contaminación ambiental.

EXAMEN DIAGNÓSTICO DE QUIMICA

Al inicio del semestre se debe realizar un examen diagnostico que nos ayudará a evaluación los conocimientos de los alumnos (Figura 3).



Figura 3. QR examen diagnóstico de Química

A continuación, se muestra como ejemplo un sub tema 1.2.2. Radiación del cuerpo negro y teoría de Planck del Temario de la materia:

Referencia Bibliográfica



Figura 4. QR Referencia bibliográfica del tema Radiación del cuerpo negro y teoría de Planck.

Video Tutorial



Figura 5. QR Video tutorial tema de Radiación del cuerpo negro y teoría de Planck.

Ejemplos del Tema



Figura 6. QR Ejemplos del tema de Radiación del cuerpo negro y teoría de Planck.



Figura 7. QR Examen Unidad 1

La lectura de los códigos inicialmente se sugirió en una distancia mínima, sin embargo, al final del semestre los alumnos podían desde su lugar de estudio leer con facilidad la información proporcionada.



Figura 8. Lectura de QR en aula.



Figura 9. Lectura de QR en laboratorio.

Se elaboró un formulario en GOOGLE FORMS para descartar algún problema técnico o de uso en la lectura de los códigos QR, mostrándose a continuación :

Lectura de los códigos QR del laboratorio de ergonomía
Instituto Tecnológico de Cuautla

1. ¿Tienes un dispositivo móvil capaz de leer *
códigos QR?

Sí
 No

2. ¿Pudiste visualizar toda la información *
recopilada en los códigos QR?

Sí
 No

3. ¿Tuviste que instalar alguna aplicación en *
tu móvil para la lectura de los códigos QR?

Sí
 No

4. ¿Tuviste algún problema técnico durante la
visualización de los códigos QR?

Sí
 No

Figura 10. Preguntas elaboradas en Formulario Google Form.

Dicho formulario se aplicó a alumnos del semestre Agosto-Diciembre 2022 de la materia de Química para la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales con un total de 45 encuestas obteniendo los siguientes resultados:

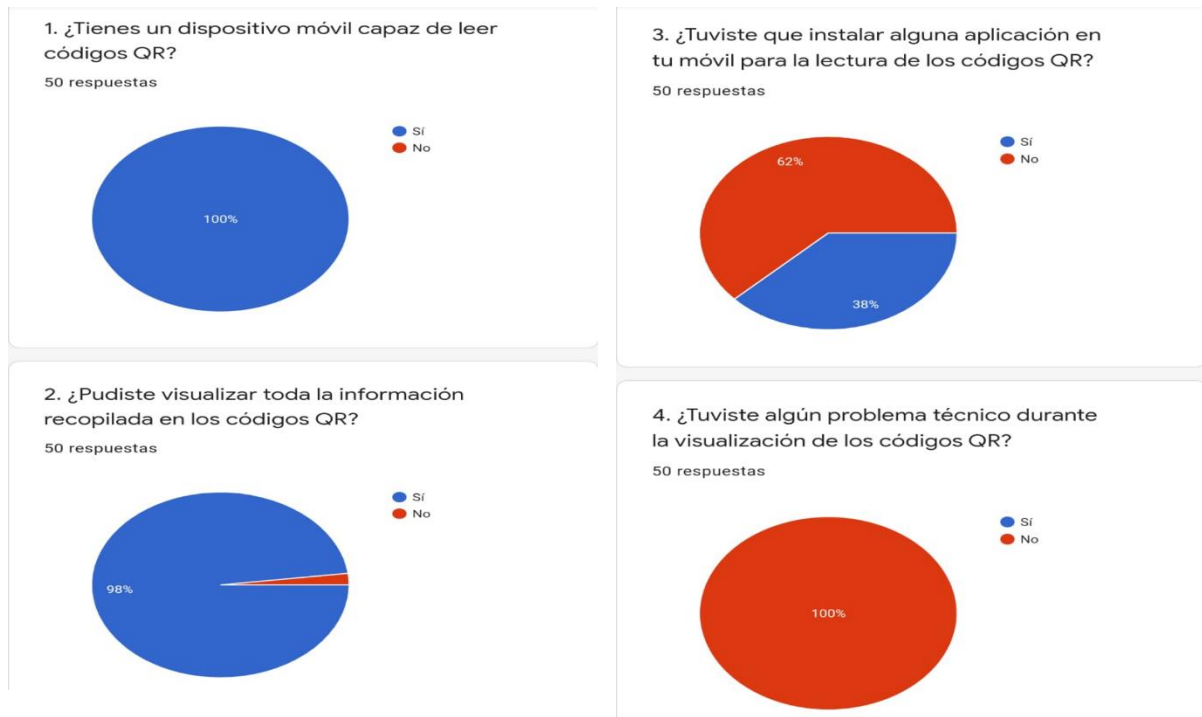


Figura 11. Resultados respuestas aplicación de Formulario.

Los datos arrojados por dicho formulario fueron los siguientes:

- **Pregunta 1:** El 100% contestó que sí contaba un dispositivo móvil a la mano.
- **Pregunta 2:** 2% de los encuestados no pudo visualizar la información recopilada en los códigos QR por falta de un paquete de datos móviles o simplemente estaban en un lugar donde no había red disponible.
- **Pregunta 3:** Un 38% tuvo que instalar alguna aplicación para poder escanear el código y así poder leerlo, el 62% que no tuvo que instalar alguna aplicación ya que tenían un teléfono de media o alta gama y lo único que hicieron fue abrir su cámara de fotos y desde ahí poder escanear los códigos QR.
- **Pregunta 4:** El 100% dijo que no tuvieron ningún problema técnico al visualizar toda la información.
- **Nota:** Es importante subrayar que para los alumnos que no tuvieron acceso a internet por datos móviles fue posible que en un grupo creado en la aplicación Whatsapp se enviaron los documentos descargados y así pudieron visualizarlos, o en algunos grupos contrataron de forma grupal un paquete con un modem que les proveía el internet a todos los miembros.

Conclusiones.

Podemos concluir que la utilización de ésta tecnología en la materia impartida en el semestre Agosto-Diciembre 2022 antes citada arrojó los siguientes beneficios:

1. Reducción de tiempos con respecto a los métodos tradicionales de búsqueda de información.
2. Estandarización de información utilizada en las sesiones que facilita al docente la transmisión del conocimiento del tema a tratar.
3. Facilita el almacenaje de la información para ser utilizada posteriormente como consulta.
4. Despierta la curiosidad por el manejo de las TIC's en los alumnos para nuevos proyectos académicos.
5. Promueve el trabajo colectivo entre alumnos al utilizar una misma información y realizar análisis de temas académicos de su interés

Agradecimientos.

Un agradecimiento especial a los alumnos que participaron haciendo los comentarios, observaciones y opiniones de la aplicación de esta tecnología en las aulas.

Referencias

<https://www.qrcode-tiger.com/es/qrcode-statistics-before-and-after-covid-19#Education>

[https://es.qr-code-](https://es.qr-code-generator.com/a1/?gclid=Cj0KCQjwr82iBhCuARIsAO0EAZwYxYWexrgBEVDLjiNftCh2vC_TUxEeY0pRoY0xqDZtEIRt15HcF-kaAIP2EALw_wcB&campaignid=12188749587&adgroupid=117471706935&cpid=a31c58be-c92f-49f0-bf4a-214fb84975ab&gad=1&gclid=Cj0KCQjwr82iBhCuARIsAO0EAZwYxYWexrgBEVDLjiNftCh2vC_TUxEeY0pRoY0xqDZtEIRt15HcF-kaAIP2EALw_wcB)

[generator.com/a1/?gclid=Cj0KCQjwr82iBhCuARIsAO0EAZwYxYWexrgBEVDLjiNftCh2vC_TUxEeY0pRoY0xqDZtEIRt15HcF-kaAIP2EALw_wcB&campaignid=12188749587&adgroupid=117471706935&cpid=a31c58be-c92f-49f0-bf4a-214fb84975ab&gad=1&gclid=Cj0KCQjwr82iBhCuARIsAO0EAZwYxYWexrgBEVDLjiNftCh2vC_TUxEeY0pRoY0xqDZtEIRt15HcF-kaAIP2EALw_wcB](https://es.qr-code-generator.com/a1/?gclid=Cj0KCQjwr82iBhCuARIsAO0EAZwYxYWexrgBEVDLjiNftCh2vC_TUxEeY0pRoY0xqDZtEIRt15HcF-kaAIP2EALw_wcB&campaignid=12188749587&adgroupid=117471706935&cpid=a31c58be-c92f-49f0-bf4a-214fb84975ab&gad=1&gclid=Cj0KCQjwr82iBhCuARIsAO0EAZwYxYWexrgBEVDLjiNftCh2vC_TUxEeY0pRoY0xqDZtEIRt15HcF-kaAIP2EALw_wcB)

https://drive.google.com/file/d/1iFbl1b_ME0sA7liDxV-X7QtDWv6kfwx/view?usp=share_link

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdl2NgdF3xPJ9_mJDL4jqMVN0LwJAAB1V20MaC_LjU_r3SsTFQ/viewform?usp=share_link

https://drive.google.com/file/d/1_V4fzNPhraVsySQMKdpS1vGTH_wUes-A/view?usp=share_link

https://drive.google.com/file/d/1_V4fzNPhraVsySQMKdpS1vGTH_wUes-A/view?usp=share_link

<https://www.youtube.com/watch?v=GQAsG65H2AU>

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/_cuantica/experiencias/ejemplos/ejemplos.html

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SOLUCIÓN DE INTEGRALES DEFINIDAS CON UNA CALCULADORA DIGITAL ACCESIBLE

Erik López-García, Ma. Alicia Hernández-Flores, Laura Ortiz-Mendieta, Narda Martínez-García

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Ciencias Básicas, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México. e-mail: erik.lg@zacatepec.edu.mx, alicia.hf@zacatepec.tecnm.mx, laura.om@zacatepec.tecnm.mx, narda.mg@zacatepec.tecnm.mx.

Área de participación: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB).

Resumen: En la actualidad existen diferentes tipos de calculadoras científicas digitales dentro de los sistemas operativos de celulares. Sin embargo, hay pocas que se asemejan a una calculadora en físico (por citar alguna, a la calculadora CASIO versión fx-991ES PLUS). La aplicación “HiPER Scientific Calculator” es muy semejante en su diseño y estructura a una calculadora CASIO, donde si manejas la calculadora en físico, prácticamente sabes manejar esta calculadora en digital. En este artículo aprenderemos cómo es esta aplicación y cómo nos puede ayudar a calcular las integrales definidas rápidamente.

Introducción.

Hoy en día se tienen una gran cantidad de aplicaciones que se pueden descargar en los diferentes dispositivos inteligentes. Sin embargo, saber cuál es el que mejor se adecue a nuestro trabajo es difícil encontrarlo. Anteriormente las calculadoras en físico son las que se utilizaban para realizar una serie de cálculos rápidamente, pero el día de hoy eso no es tan cómodo. En lo cotidiano, lo que realmente se carga dentro del bolsillo o bolsa, es un celular, el cual se puede aprovechar y ponerle las herramientas que nos pueden ayudar en algún momento y siendo estudiante una calculadora científica digital no puede faltar (Mangisch y Spinelli, 2020). Uno de los requisitos que pudiera cumplir es que esta no sea cara, o si se puede, que sea gratis y que funcione incluso sin datos, eso es lo que pudiéramos pedir en una la elección de calculadora digital.

Aquí en México, una de las calculadoras que más se utilizan por lo versátil, cómoda, precisa, fácil de manejar y barata, son las calculadoras de la marca CASIO. Sin embargo, en fechas recientes de post pandemia las calculadoras en lo particular han elevado sus precios y hoy en día no es fácil comprar una calculadora que te pueda apoyar en la solución de integrales definidas sin que tenga un costo accesible. Al citar una marca de calculadoras que más se vende en México, la marca CASIO, se puede buscar una aplicación que tenga el mismo manejo que la marca, por el simple hecho de estar acostumbrado a resolver las operaciones con el mismo tipo de procesos y con esto manejar de la misma forma distintos valores y operaciones (Becker, Rustic, Conci, Loti y Bavaresco, 2020).

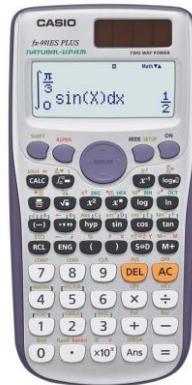


Figura 1.- Calculadora CASIO versión fx-991ES PLUS.

La aplicación encontrada es “HiPER Scientific Calculator” (Másmóvil, 2019), que es muy parecida a la forma en que opera la marca CASIO y también tiene el mismo formato. Véase la siguiente imagen.



Figura 2.- Aplicación de calculadora “HiPER Scientific Calculator”.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Calcular integrales definidas de una variable real es por medio del teorema fundamental del cálculo, ver (González, n.d.) y (Stewart, 2018). Lo hacemos de la siguiente forma:

- Se tiene una función $f(x)$ y un intervalo $[a, b]$.
- Se halla una antiderivada de f , es decir, una función F tal que $F' = f$.
- Se ocupa el teorema fundamental del cálculo, donde f es continua

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a).$$

- Por lo tanto, el valor de la integral es $F(b)-F(a)$.

Una vez ubicada la aplicación de calculadora digital a utilizar, vamos a aplicar el siguiente método para encontrar la solución de integrales definidas.

Método para verificar integrales definidas en la aplicación de HiPER Scientific Calculator

1.- Se inicia la aplicación en su correspondiente icono de acceso, como se puede ver en la siguiente figura.

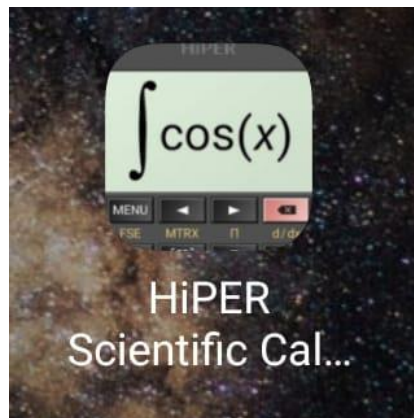


Figura 3.- Imagen de la aplicación HiPER Scientific Calculator.

2.- Dentro de la calculadora digital, presionamos el botón de acceso a la integral definida, visto en la siguiente figura.

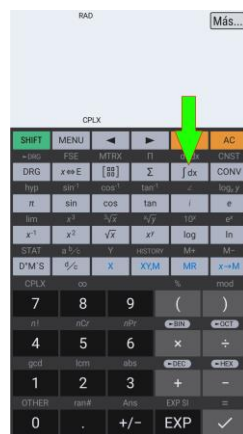


Figura 4.- Botón de acceso a la integral definida.

3.- Escribimos la función que queremos integrar en términos de la variable "X" que viene como tecla en la calculadora. Véase la siguiente figura.



Figura 5.- Función a integrar en la aplicación.

4.- Anota la cota inferior y superior del intervalo que se desea calcular el área bajo la curva de la gráfica de la función que anotó anteriormente. Una vez anotada, la aplicación deja automáticamente el resultado de la integral. Véase la siguiente figura.



Figura 6.- Intervalo de la integral y resultado.

Resultados y Discusión.

A través de esta aplicación de calculadora digital, hemos obtenido una mejora en calificaciones de los alumnos de la materia de cálculo integral con el tema de integrales definidas.

Por medio de esta herramienta, ha facilitado a los alumnos el comprobar y entender los resultados obtenidos por ellos mismos.

Debido a que esta aplicación de calculadora no necesita internet para ser utilizada, llegó a los hogares de muchos alumnos de escasos recursos que no tenían internet y pudieron efectuar los cálculos correspondientes.

A lo largo del tiempo, se van mejorando las aplicaciones o surgen mejores, se tiene que hacer un estudio cada cierto tiempo de las aplicaciones de calculadoras

digitales que se tienen disponibles y tener un catálogo de las mejores, para saber cuál utilizar o recomendar.

Conclusiones.

Por medio de las Tecnologías de información, llegamos a aumentar el aprendizaje de los alumnos, dado que en este caso se tiene una forma de llegar al resultado sin consultar al profesor o libros.

Mediante una calculadora digital gratis, se puede llegar a una gran cantidad de alumnos para que no gasten en una calculadora en físico.

Debido a que el tipo de calculadora que utilizamos no necesita internet, amplió el lugar de trabajo para llegar a lugares en que habitan cada uno de los alumnos.

Todo este trabajo nos puede conducir a tener varias alternativas de calculadoras, dependiendo de la materia o tema en el que nos encontremos. Por ejemplo, si tenemos la materia de cálculo diferencial y estamos con el tema de gráfica de funciones, ahí nos puede favorecer él ver una calculadora que nos pueda graficar y así apoyarnos para que los alumnos visualicen dicho tema.

Agradecimientos.

Este trabajo fue redactado gracias a la ayuda y cooperación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, con especial agradecimiento a su Director Lorenzo O. Hernández.

Referencias

- Becker, G., Rustic, T., Conci, R., Loti, F., & Bavaresco, D. (2020). Minicurso de Calculadora Científica. Volume 4.
- González, F. (n.d.). Cálculo diferencial e integral de funciones de una variable. Ugr.Es. Recuperado el 21 de marzo de 2023, de https://www.ugr.es/~fjperez/textos/calculo_diferencial_integral_func_una_var.pdf
- Mangisch, G., & Spinelli, M. (2020). El uso de dispositivos móviles como estrategia educativa en la universidad. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, vol. 23, núm. 1, pp. 201-222.
- Másmóvil, B. (2019, November 14). Reemplaza cualquier calculadora científica con tu móvil. Blog MÁSMÓVIL. <https://blog.masmovil.es/movil-reemplazar-cualquier-calculadora-cientifica-apps/>
- Stewart, J. (2018). Cálculo: trascendentes tempranas. Cengage Learning.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN LOS ESTUDIANTES DE NUEVO INGRESO DEL TECNM CAMPUS ÚRSULO GALVÁN.

V. E. Higareda-Arano, R. J. Castro-Lara, D. Melgarejo-Galindo y A.J. Salas-Lara

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Carretera Cardel-Chachalacas Km. 4.5, Úrsulo Galván, Veracruz. - victor.ha@ugalvan.tecnm.mx, rjaneth.ca@ugalvan.tecnm.mx, doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx, angeles.sl@ugalvan.tecnm.mx

Área de participación: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB).

Resumen: Las matemáticas, al ser una ciencia básica, está inmersa en la vida de todos los seres humanos, desde sus primeras apariciones como un cúmulo de experiencias vividas, necesidades inherentes de contar pertenencias, hasta la aparición de cálculos muy avanzados que han llevado al ser humano a explorar más allá del planeta tierra e incluso a adentrarse en universos virtuales. Los estudiantes ingresan con dificultades cada vez más visibles en el aprendizaje y la aplicación de las matemáticas y es un esfuerzo importante el que tienen que realizar los docentes que imparten la asignatura en el primer semestre de la carrera.

Introducción.

En un mundo cada vez más complejo, donde el uso de la tecnología está inmerso en la vida diaria y en el ámbito educativo, es fundamental adaptarse a los cambios que implica la enseñanza de las matemáticas. Un reto fundamental, es adaptar la enseñanza y la aplicación de las matemáticas a un mundo lleno de aplicaciones en las que se resuelven los clásicos problemas vistos en el aula, por lo que se debe cambiar la forma de enseñar.

El docente que imparte matemáticas en el TecNM campus Úrsulo Galván, debe tener muy claro que el aprendizaje de las matemáticas no solo se trata de resolver problemas, sino también de desarrollar habilidades lógicas y abstractas que le ayudarán y darán éxito a su vida profesional. El docente debe ser capaz de ayudar al estudiante a desarrollar habilidades de pensamiento crítico enfocándose en el proceso de solución del problema, identificando patrones y creando modelos que podrá utilizar en la vida real y no solo de forma abstracta.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Desde los inicios de la civilización siempre se ha tenido una necesidad de contar objetos o personas, con el paso del tiempo esta necesidad cambió y ya no solo bastaba el contar las pertenencias, surgió la necesidad de contabilizar las deudas, sumar las pertenencias, dividir las ganancias o pérdidas, lo que llevó a que todo evolucionara, pero todo lo aprendido era inductivo, sólo un cúmulo experiencias; de acuerdo con (Bell, 2021) los primeros que demostraron una distinción de lo inductivo y lo deductivo fueron los matemáticos griegos en los años 550 a.C.

En la presente investigación se tiene como objetivo general: "Determinar el nivel de conocimiento en las matemáticas de los estudiantes del TecNM campus Úrsulo Galván", así mismo como objetivos particulares, identificar el nivel de conocimientos en matemáticas con los que ingresan y también, identificar el nivel

de conocimientos que tienen al finalizar el primer semestre. Para lo cual se plantea la pregunta de Investigación, ¿Cuál es el nivel de conocimientos en matemáticas de los estudiantes?, la cual ayudará a responder los planteamientos realizados en la presente investigación, estableciendo la hipótesis: “El nivel de conocimientos de los estudiantes de nuevo ingreso al TecNM campus Úrsulo Galván es bajo”.

Esta investigación posee un método cuantitativo de tipo aplicativo debido a que tiene como finalidad resolver un problema, mejorando el contexto es cuantitativa. De acuerdo con (Del Canto & Silva Silva, 2013) la investigación cuantitativa desde una perspectiva holística permite abordar el objeto de estudio obteniendo resultados más concretos y fiables que permitan alcanzar los objetivos planteados en la investigación dando un mayor aporte a las ciencias sociales. Es transversal porque se toma una sola muestra. (Casas Anguita et al., 2003) afirma que el estudio transversal también es conocido como encuesta de frecuencia o estudio de prevalencia. Por ello se define el uso de este estudio al realizarse en un tiempo determinado y en una población específico.

Resultados y Discusión.

El TecNM campus Úrsulo Galván cuenta con cinco carreras: Ingeniería en Agronomía, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Gestión Empresarial, Licenciatura en biología y Licenciatura en Administración, y el ingreso de estudiantes se realiza mediante un curso de nivelación de una semana enfocado en disciplinas básicas de las carreras de su elección, como los son las asignaturas de matemáticas, física, biología, administración, contabilidad y lenguaje escrito. Al finalizar el curso de nivelación, los estudiantes realizan un examen de conocimientos en el cual se mide el alcance que tuvo el curso y el impacto que causó en los estudiantes mediante una escala del 1 al 100 para promediar su aprovechamiento, el resultado de esta evaluación no incide en la aceptación de su inscripción, pero ayuda al docente a tener un panorama más claro de las deficiencias de sus futuros estudiantes.



Figura 1. Número de estudiantes de nuevo ingreso en el periodo agosto-diciembre 2022 por carrera.

Para el periodo agosto-diciembre 2022, donde se obtuvo una matrícula de nuevo ingreso de 531 estudiantes (87 en Administración, 310 en Agronomía, 22 en Industrias Alimentarias, 35 en Biología y 77 en Gestión Empresarial), el curso de

nivelación se realizó del 15 al 19 de agosto, la aplicación de la evaluación se realizó el día 19 de agosto y los resultados fueron los siguientes:

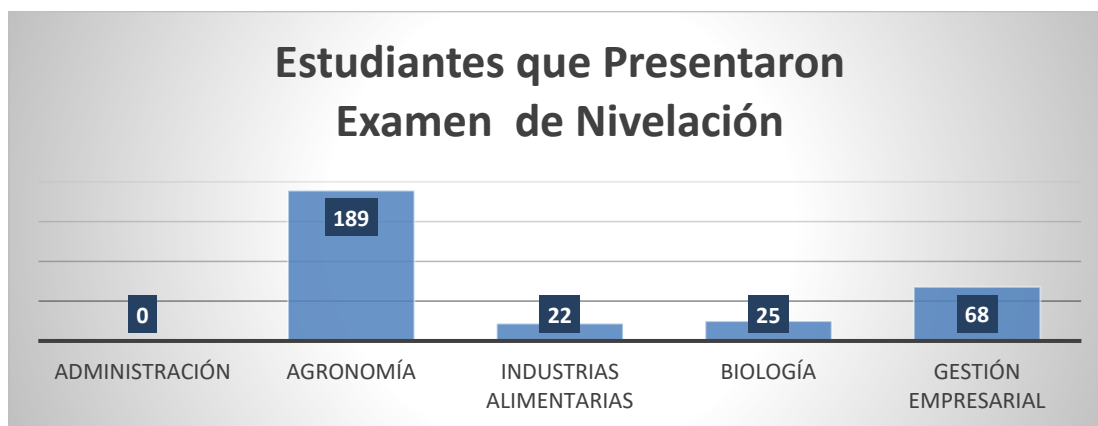


Figura 2. Número de estudiantes que presentaron el examen de nivelación en la asignatura de matemáticas.

Del total de la matrícula de nuevo ingreso, solo se tomaron en cuenta los estudiantes de las carreras que presentan examen de matemáticas. La carrera de administración no presentó examen de matemáticas, en agronomía 189 estudiantes lo presentaron, en industrias alimentarias presentaron 22 estudiantes, en biología 25 estudiantes y en gestión empresarial 68 estudiantes.

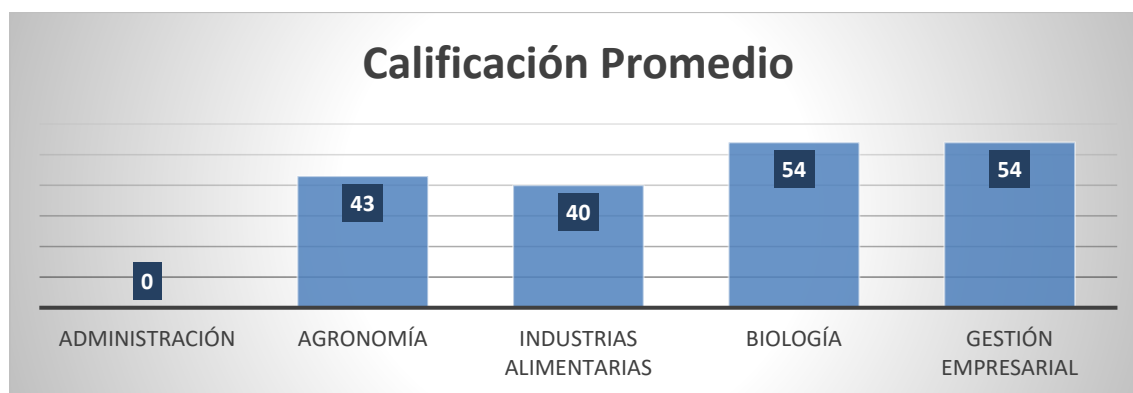


Figura 3. Calificación promedio por carrera de los estudiantes que presentaron el examen de nivelación en la signatura de matemáticas, se utiliza una escala de 1 a 100.

Al finalizar el examen de nivelación, el promedio de calificaciones obtenidas por carreras, en una escala del 1 al 100 fue el siguiente: para agronomía 43/100, en industrias alimentarias 40/100, en biología 54/100 y en gestión empresarial 54/100.

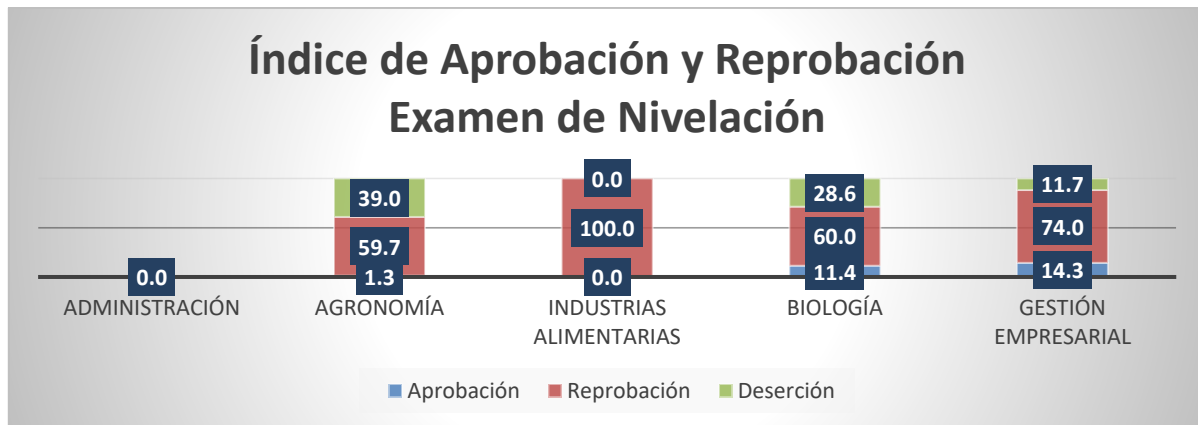


Figura 4. Índice de aprobación, reprobación y deserción del examen de nivelación en el curso para nuevo ingreso.

Calculando el índice de aprobación, reprobación y deserción, se obtuvieron los siguientes resultados del examen de nivelación:

- Ingeniería en Agronomía
 - Aprobación: 1.3%
 - Reprobación: 59.7%
 - Deserción: 39.0%
- Ingeniería en Industrias Alimentarias
 - Aprobación: 0%
 - Reprobación: 100%
 - Deserción: 0%
- Licenciatura en Biología
 - Aprobación: 11.4%
 - Reprobación: 60.0%
 - Deserción: 28.6%
- Ingeniería en Gestión Empresarial
 - Aprobación: 14.3%
 - Reprobación: 74.0%
 - Deserción: 11.7%

Una vez finalizada la evaluación y el periodo del curso de nivelación, los estudiantes de primer semestre cursan asignaturas de ciencias básicas dependiendo de la carrera elegida:

- Licenciatura en Administración
 - Primer semestre: Matemáticas Aplicadas a la Administración

- Ingeniería en Agronomía
 - Primer semestre: Álgebra Lineal
- Ingeniería en Industrias Alimentarias
 - Primer semestre: Cálculo Diferencial
- Licenciatura en Biología:
 - Primer semestre: Matemáticas
- Ingeniería en Gestión Empresarial
 - Primer semestre: Cálculo Diferencial

Para poder realizar una comparación del desarrollo de competencias en matemáticas, se tuvo acceso al SII (Sistema Integral de Información) del TecNM campus Úrsulo Galván en las asignaturas antes mencionadas y la información de los estudiantes de nuevo ingreso obtenida fue la siguiente:

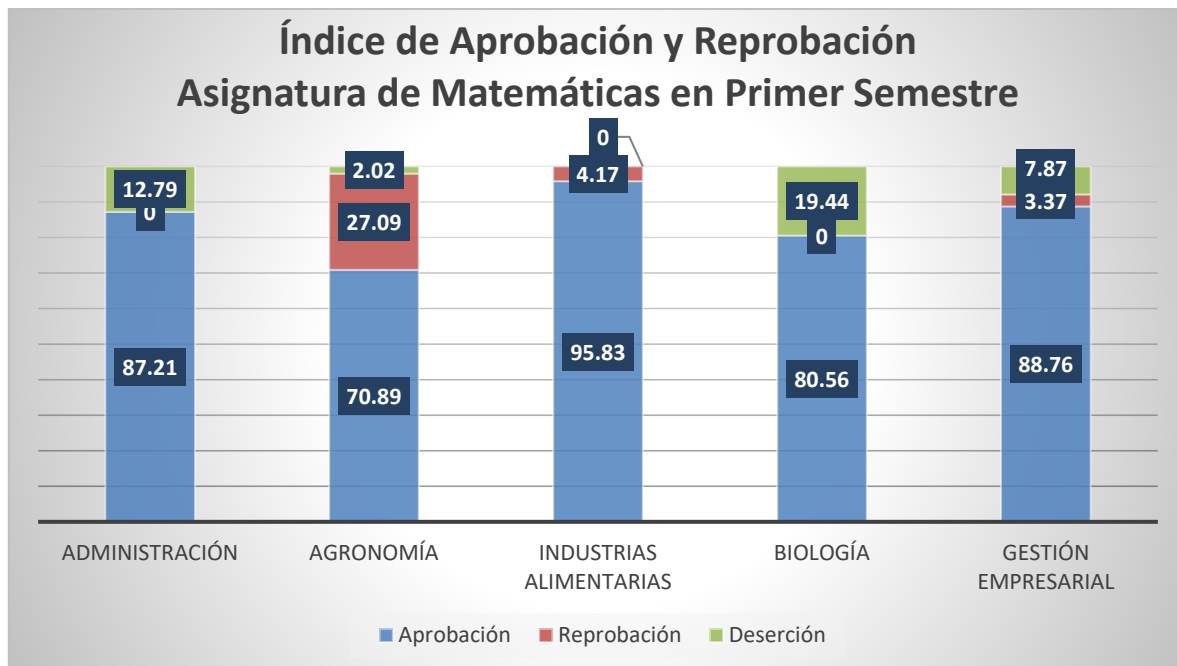


Figura 5. Índice de aprobación, reprobación y deserción de estudiantes de primer semestre.

- Licenciatura en Administración
 - Aprobación: 87.21%
 - Reprobación: 0.00%
 - Deserción: 12.79%
- Ingeniería en Agronomía
 - Aprobación: 70.89%

- Reprobación: 27.09%
- Deserción: 2.02%
- Ingeniería en Industrias Alimentarias
 - Aprobación: 95.83%
 - Reprobación: 4.17%
 - Deserción: 0.00%
- Licenciatura en Biología
 - Aprobación: 80.56%
 - Reprobación: 0.00%
 - Deserción: 19.44%
- Ingeniería en Gestión Empresarial
 - Aprobación: 88.76%
 - Reprobación: 3.37%
 - Deserción: 7.87%

Conclusiones.

El uso de las matemáticas en estudios superiores es de suma importancia debido a que desarrolla habilidades críticas, analíticas y cuantitativas que son esenciales en diversas áreas de estudio y profesionales. Son evidentes las deficiencias con las que llegan los estudiantes a primer semestre con los altos índices de reprobación en el examen de nivelación visto en la figura 4, esto es un gran reto en la educación a nivel medio superior, pero también es evidente que, al finalizar el primer semestre, el estudiante del TecNM campus Úrsulo Galván ha desarrollado las competencias necesarias en el área de matemáticas como se demuestra en la figura 5.

Se puede concluir que, derivado a la investigación, se cumplen con los objetivos general y particulares, así mismo se aprueba la hipótesis que “El nivel de conocimientos de los estudiantes de nuevo ingreso al TecNM campus Úrsulo Galván es bajo”.

Los estudiantes de hoy, tienen a la mano aplicaciones que resuelven problemas abstractos; ya no es necesario que se aprenda la fórmula de manera exacta del binomio al cuadrado porque una aplicación ya lo hace, es mejor que entienda y aprenda dónde utilizar ese conocimiento; quedaron en el pasado los días en que el estudiante debía aprenderse de memoria las fórmulas de integración porque con la cámara de su celular puede resolverla paso a paso, es mejor que el estudiante comprenda que esas integrales y las puede usar para resolver problemas que se asemejen a lo que verán en su vida profesional, el docente del TecNM campus Úrsulo Galván debe integrar la tecnología a su cátedra de matemáticas.

Agradecimientos.

La presente investigación no podría llevarse a cabo sin el apoyo de la Dirección y Subdirección Académica, así mismo a la colaboración con el cuerpo académico ITURG-CA-4 Gestión e Innovación en las Organizaciones y colaborando con la realización de las encuestas por parte de los docentes y los estudiantes del Tecnológico Nacional de México campus Úrsulo Galván.

Referencias

Bell, Eric Temple. Historia de las matemáticas. Fondo de cultura económica. 2021.

Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(03)70728-8)

Del Canto, E., & Silva Silva, A. (2013). Metodología Cuantitativa: Abordaje Desde La Complementariedad En Ciencias Sociales. *Revista de Ciencias Sociales*, 0(141). <https://doi.org/10.15517/rcs.v0i141.12479>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

LA PERSPECTIVA DEL ALUMNADO SOBRE LA GESTIÓN PEDAGÓGICA DEL DOCENTE DENTRO DEL AULA.

Dra. Ma. A. López Rutiaga¹, Fis. J. Lara de Paz¹, y Map. M. I. Alcántara Garcia¹, C. D. C. Trejo Cirilo²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Avenida 608 y Avenida 412 300, Col. San Juan de Aragón, 07470, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México/Docente – maria.lr@gamadero.tecnm.mx, javier.lp@gamadero.tecnm.mx, Ignacio.ag@gamadero.tecnm.mx

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Avenida 608 y Avenida 412 300, Col. San Juan de Aragón, 07470, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México/Estudiante - L181130359@gamadero.tecnm.mx

Área de participación: RETOS Y PERSPECTIVAS EN LA APLICACIÓN (CB)

Resumen: La Gestión Pedagógica es un proceso de calidad que constituye el rol del docente en terminología tradicional y el rol del docente-estudiante. Este documento muestra el avance de una investigación en curso de enfoque cuantitativo, así como la adaptación de un cuestionario cerrado con escala de medición ordinal likert sobre la perspectiva del alumnado sobre la gestión pedagógica del docente en aula, la muestra fue de 20 estudiantes de séptimo y octavo semestre de las cinco carreras de ambos turnos del Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, se observó que los profesores no cuentan con una Gestión Pedagógica adecuada y que esto genera un impacto en la formación académico-profesional de los alumnos, estos perciben que los docentes evitan opiniones diferentes y frecuentemente imponen su forma de pensar y estrategias para impartir clase evidenciando con ello la escasa preparación pedagógica. El docente es percibido como una autoridad que impide el desarrollo autónomo de los estudiantes.

Palabras Clave:

Docentes, Alumnos, Gestión Pedagógica

Introducción.

Uno de los grandes problemas que tiene la educación actual es justamente la preparación del docente en nivel indistinto, para el caso que compete el universitario, en este sentido es necesario conocer la opinión y/o perspectiva que tienen el alumnado de cómo y a través de que herramientas gestiona la enseñanza el docente, de igual forma como el alumno percibe que está aprendiendo o en el último de los casos que fue lo que no aprendió. Es evidente entonces que es una problemática con múltiples aristas ya que en el acto educativo intervienen diversos actores que ejercen indistintas acciones.

Hechas las observaciones anteriores, la forma de impartir conocimientos por la parte docente y la apropiación del mismo por el alumno son relevantes en función que la educación actualmente se encuentra en constante transformación busca que los estudiantes logren una formación de calidad. Con esta premisa, es que dicha formación académica se refleje a lo largo de su vida profesional.

Fundamento Teórico.

La educación como transformador de la sociedad, debería ser entendida como un factor que determine el progreso de la humanidad. Bajo estas consideraciones, el

rubro educativo se asume como un quehacer de grandes dimensiones en cualquier ámbito de la humanidad.

Por las consideraciones anteriores y para entrar de lleno en el tema, el presente documento que versa sobre la percepción que los alumnos tienen respecto a la gestión pedagógica- educativa de los docentes en el espacio áulico.

De modo frecuente se llega escuchar que los aprendizajes de los alumnos van de la mano con la preparación del docente, si bien es una realidad, que dicha preparación del profesorado se traduce en calidad en lo educativo, así como los resultados que derivan de la forma en como ejerce su gestión de educador.

La educación siempre está en constante transformación, por lo que se pretende que los estudiantes puedan lograr una formación académica de calidad, que a futuro se vea reflejada en su desarrollo profesional, así mismo el desarrollo como la aplicación de conocimientos son importantes, por ende, es conveniente que los docentes se encuentren capacitados adecuadamente.

Ante la situación planteada *“El Maestro desde las aulas acompaña y facilita el proceso de enseñanza aprendizaje, y propicias situaciones en las que los estudiantes reflexionen para la adquisición de nuevos conocimientos y la práctica de valores. Sin embargo, el docente crea y diseña muchas estrategias metodológicas adecuadas a sus estudiantes, que muchas veces no ha requerido un planteamiento pedagógico”* (Quicaño,2017, p.15). En este sentido, es menester señalar que el país requiere dentro de los espacios de enseñanza una educación de calidad, donde se encuentren implicados los elementos de gestión pedagógica por parte del docente y apoyo de la parte directiva, en función de una educación de calidad.

Hechas las consideraciones anteriores, las metodologías en el renglón educativo son parte esencial de cualquier proceso de enseñanza y aprendizaje, dado que a través de ellas se ha permitido trabajar con el estudiantado con diferentes métodos, técnicas y estrategias, que los docentes emplean para fomentar la participación activa de los estudiantes y con ello propiciar el proceso de formación académica.

Como puede observarse la calidad educativa es esencial en cualquier sistema educativo. Considerando lo previo, es que el docente adquiere un papel transformador a la vista del alumnado a través de una gestión pedagógica adecuada. Sin embargo *“A pesar de los esfuerzos pedagógicos por promover el cambio cualitativo de envergadura, la observación de la práctica docente evidencia que aún queda un largo camino que recorrer”*. Por otra parte, son los mismos docentes que manifiestan cierto malestar en su función educativa ya que como recoge Jaap Scheerens (1992, p.13, citado en Murillo, 2008) poseemos algunos conocimientos, pero aun y tenemos poca consistencia acerca de cómo funciona la educación.

Todos los esfuerzos por el cambio pedagógico y en la mejora de la calidad educativa, se remontan a los años 80. Donde el concepto de escuelas eficaces empieza a cobrar importancia y donde emergen las primeras investigaciones (Peñalva, 2013, p.78). En este sentido la praxis docente debiera adoptar nuevos

modelos que impliquen promover y aplicar acciones de mejora educativa y en efecto, Peñalva (2013) refiere incrementar y garantizar la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje... a través del trabajo en equipo y colaborativo, de la cultura de liderazgo, de la creación de un clima escolar en el que imperen los valores, la ciudadanía democrática, de la escuela entre otros aspectos teniendo en cuenta variables como, la comunidad escolar y la formación del profesorado.

“En el caso de docentes universitarios, el estudio de las competencias pedagógicas se ha desarrollado internacionalmente con el objetivo de generar perfiles docentes, que permitan guiar el entrenamiento/capacitación y evaluación del profesorado. Enseñar en la universidad actualmente requiere de conocimientos, habilidades y actitudes diferenciadas de las que se necesitaban 20 años atrás.” (Villaroel, 17, p.76).

Es evidente entonces, que las formas de enseñar y aprender se han transformando conforme avanzan las necesidades de la sociedad en el campo laboral, en este sentido Pinto-Llorente (2019, p.259) afirman que:

“El aprendizaje colaborativo, ha despertado un gran interés en la investigación educativa lo que ha dado lugar a multitud de estudios e investigaciones, sobre todo en los últimos años. Estos estudios subrayan las ventajas, de la colaboración en los procesos de aprendizaje, de ahí que su integración en la enseñanza universitaria sea una estrategia muy significativa, si tenemos en cuenta las exigencias de la sociedad actual y las capacidades que deben poseer los alumnos del siglo XXI”.

Como se observa, el trabajo en colaboración ha ido permeando en varias esferas de la sociedad y en el ámbito educativo que se encuentra ya más insertado Según Yong, et al., (2018) citado en Pinto-Llorente (2019). El aprendizaje colaborativo, es una metodología que impulsa la distribución de acciones dentro del aula para enfocarlas en una experiencia social y académica de aprendizaje. Ante la situación planteada, la estrategia de manejar un aprendizaje colaborativo conlleva para el estudiante trabajo en equipo y responsabilidad, a través de intercambiar ideas, aprender en conjunto y crear a partir de un consenso entre estudiantes la creación de sus propios conocimientos.

Desde hace varias décadas se han venido realizando investigaciones, en torno a la educación universitaria y el aprendizaje de los alumnos en este nivel al respecto es de resaltar que McKeachie, Pintrich, Lin y Smith, (1986). de la Universidad de Michigan, revisaron más de quinientos estudios de investigación relativos a la enseñanza y el aprendizaje en aulas universitarias. Cuando les preguntaron por el método de enseñanza más eficaz respondieron que dependía del objetivo educativo, las características de los estudiantes, el contenido a trabajar y las competencias del docente. Aunque la mejor respuesta fue la siguiente: cuando los estudiantes enseñan a otros estudiantes (McKeachie, et.al1986).

Según se ha citado es importante enfatizar por ende que, a partir de la gestión educativa que lleve a cabo el docente en el aula, de ahí derivan las opiniones y percepciones del estudiantado de cómo se presenta tanto el proceso de enseñanza y el cómo ellos aprenden. En este sentido es menester reflexionar sobre las creencias y actitudes que asume el propio docente durante la praxis educativa, e interiorizar que significa ser profesor, como enseña y como fin último verificar el éxito o fracaso de los estudiantes y en efecto *“El énfasis en el aprendizaje del*

alumno lo que quiere decir es que nuestra tarea como profesores no es enseñar, sino ayudar a aprender". El que aprende es el alumno y nuestra tarea es facilitar ese aprendizaje.

El hablar de aprender tiene su importancia, no es lo mismo decirnos a nosotros mismos que "vamos a clase a enseñar o a explicar un tema, que decirnos que vamos a clase a ayudar a aprender" (Segovia, 2017, p.414). Bajo esta postura es evidente que la parte docente debería ser consciente de su papel como profesor, sin embargo, en palabras de Morales (2006) precisa que en la medida en que no hay un buen aprendizaje en los alumnos, en esa misma medida no ha habido, de hecho, una buena enseñanza... no se puede actuar desde la creencia implícita de que mi tarea es enseñar, y enseñar, y si el alumno no aprende, ese es su problema.

En este sentido baste decir que son los propios estudiantes quienes al estar en contacto directo en el aula se convierten en los juzgadores y evaluadores de los conocimientos, habilidades y actitudes de sus maestros.

A manera de resumen la percepción del alumnado ante las formas de enseñar del docente y como aprende o no, la opinión es variada, ya que para algunos alumnos adjudican que un buen profesor es aquel que les fomenta el aprender de manera autónoma y sistemática. También se ha dicho que un buen aprendizaje es significativo para el alumno, cuando se relacione aspectos teóricos con lo práctico, cuando el docente utilice diversos métodos de enseñanza y por último cuando les proporcione apuntes o bibliografías de calidad.

En resumen, por parte del docente desde la percepción del estudiante, debe concebirse como un agente transformador y asumir su rol de docente, y no actuar considerando que su clase es así y así debe ser desde una óptica tradicional, que por el contrario sea capaz de escuchar las voces de los alumnos considerar que, desde la percepción del estudiante su opinión debe transformarse en es una experiencia educativa y de mejora para el propio docente.

Resultados y Discusión.

Para la presente investigación es importante describir grosso modo la metodología seguida que a continuación se describe. Por lo que toca al enfoque de investigación, se eligió el paradigma cuantitativo y con base en ello se adecuó un Instrumento cerrado con Escala de medición ordinal Likert de cinco opciones. Para efectos de la validez, se desarrolló una tabla de indicadores, que contuvo los datos necesarios, variables de medición, dimensiones, indicadores e ítems necesarios para cumplir con los criterios de validez de constructo y contenido. Respecto a la confiabilidad se eligió un primer criterio no estadístico test y retest para su aplicación con resultados preliminares obtenidos se aplicó el coeficiente Alfa Cronbach.

Los resultados preliminares se describen a continuación mismos que fueron obtenidos a través de las pruebas piloto (test y retest) durante el periodo de encuestas a la población, que fue constituida por 20 estudiantes de séptimo y octavo semestre de las cinco carreras de ambos turnos que imparte el Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero.

Cabe describir que el instrumento de medición que fue aplicado al alumnado contó con dos variables y sus dimensiones. La primera fue Gestión Docente en Aula, tres indicadores Planeación Didáctica y Estrategias de Enseñanza, Domino de la Asignatura, Aplicación de Conocimiento Profesional y Evaluación del Aprendizaje.

La segunda Dimensión Adquisición del Aprendizaje del Alumno, tres indicadores, Habilidades Verbales y Escritas, Desarrollo de Trabajo Escolar y Aplicación de la Teoría a la Práctica. El total fue de 30 afirmaciones con La escala: Totalmente verdadero=5, Verdadero=4, Indiferente=3, Falso=2, Totalmente falso =1.

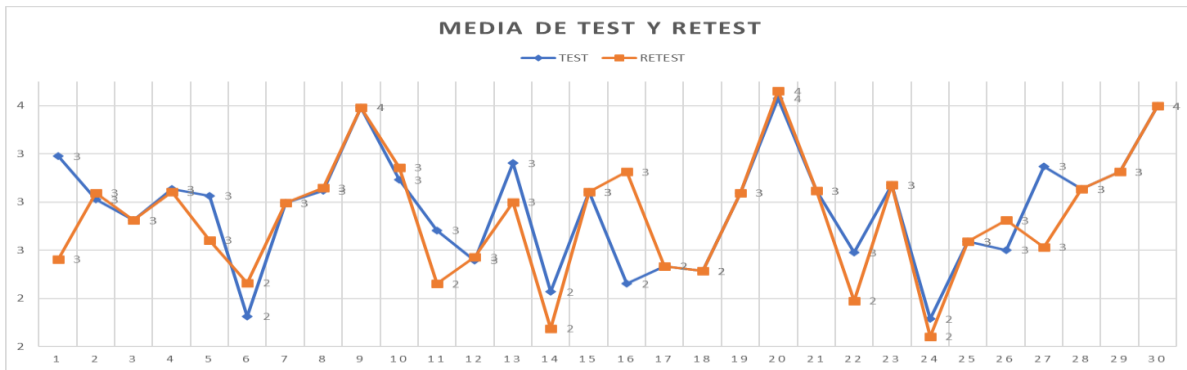


Figura 1. Media Test y Retest

En la gráfica figura 1, se muestra en la línea azul que corresponde al Test, en tanto la roja al retest, como se aprecia el instrumento fue estable entre sus aplicaciones, es de observar que la tendencia apunta que las respuestas en ambas aplicaciones fueron similares cabe agregar que en el análisis por dimensión se obtuvo una varianza del 0.1 en la etapa del test mientras que en el retest se observó una varianza del 0.3, sin embargo también observo que solo algunos ítems presentaron variaciones poco significativas. Los datos fueron analizados para determinar fiabilidad fueron sometidos al Coeficiente Alfa Cronbach donde se trabajó con la fórmula de varianza.

El Coeficiente Alfa en sus rangos previamente establecidos 0.5 es inaceptable lo que quiere decir que el instrumento No es confiable, de 0.5 a 0.6 se considera pobre, de 0.6 a 0.7 cuestionable, de 0.7 a 0.8 aceptable, de 0.8 a 0.9 bueno y de 0.9 a + se considera excelente. Con referencia a lo anterior valor obtenido en cuanto al Instrumento de Medición respecto a la Gestión Pedagógica del docente fue de 0.885 que de acuerdo con el Coeficiente el instrumento es bueno, lo cual concuerda con el test y retest antes expresado.

Respecto a los resultados se presentaron variaciones en las respuestas los alumnos de ambos turnos contestaron en forma discrepante. De manera general expresaron que los docentes no son imparciales en procesos de evaluación es decir no llevan un seguimiento o evaluación continua respecto al aprendizaje, otro punto a resaltar es que no manejan las diversas estrategias didácticas disponibles y medios para enseñanza acordes a. En tanto, pocos profesores desarrollan dinámicas para comprensión de temas pero de forma esporádica, adicionalmente los estudiantes no consideran que los profesores sean mediadores de sus aprendizajes, en consecuencia los alumnos externan que el aprendizaje obtenido es pobre y no

favorece su desarrollo académico, también comentan que algunos profesores no tienen dominio de la asignatura y los materiales utilizados para clase no son organizados con base en los contenidos.

Por último, son mínimos los docentes que promueven el pensamiento crítico y reflexivo en los alumnos, en mismo tenor son escasos los profesores quienes promueven la participación activa e incentivan al alumno a conocer temas fuera del contenido de la asignatura.

De acuerdo con lo observado, Los docentes deben preocuparse no solo de formar en contenidos a los futuros profesionales, sino que también invertir en esfuerzos por lograr perfiles de egreso de alta complejidad, que incluyen el desarrollo de procedimientos, habilidades de pensamiento de orden superior, y actitudes. Como infiere Villarroel (2017).

En palabras de Pérez (2003). Otros estudios revelan que los docentes en la planificación dedican especial atención a la Atención a la diversidad, concretamente el 83% se basan en las experiencias y conocimientos previos que traen los alumnos y respetan los intereses y necesidades de éstos en el momento de planificar actividades. Es justamente con esta óptica que a la luz de la comunidad estudiantil la perspectiva u opinión que tienen respecto a sus profesores es mala o medianamente aceptable lo que significa que los profesores deberían poner más interés en el desempeño en aulas, así como verificar el logro de aprendizajes, en este sentido es pertinente mencionar que la gestión pedagógica es parte importante para el logro de objetivos, con base en ello “El maestro parte importante del proceso enseñanza aprendizaje, se debe poner mayor énfasis en la gestión pedagógica con la finalidad de favorecer situaciones que propicien la producción de conocimientos“(Mendoza, 2018).

Conclusión.

De acuerdo con la investigación que se lleva a cabo se ha analizado que la perspectiva del alumnado hacia el docente no es favorable, la forma de pensar de los docentes se basa en una autoridad que impide el desarrollo autónomo de los estudiantes, ya que con base a los indicadores del instrumento de medición se pudo observar la falta de la gestión pedagógica del docente a la hora de impartir el conocimiento dentro del aula hacia los alumnos.

Los estudiantes a los que se les aplicó el instrumentó mostraron que el control que el docente imparte en el aula no es el adecuado, de igual manera se observó que el docente no cuenta con las herramientas pedagógicas adecuadas para los procesos educativos, ya que el docente impone la ideología y limita las posibilidades de los estudiantes a la hora de desarrollar, ampliar y aprender perspectivas diferentes.

A la vista de los resultados de la investigación, indica que el alumnado ve al docente como la máxima autoridad, pero no como mediador del conocimiento. Ya que la inadecuada capacitación del docente no genera un desarrollo óptimo en el ámbito académico, lo que propicia que las prácticas en el campo laboral no sean las adecuadas.

Esto lleva a sopesar sobre la necesidad de continuar profundizando en las dimensiones e indicadores del instrumento que se aplicó en el presente artículo. La percepción del docente a la hora de impartir su clase debe ser la adecuada para que el estudiante adopte nuevas estrategias de aprendizaje y pueda ser sencillo para ellos el poder llevarlas a cabo en su desarrollo académico y profesional. Se ha visto, desde la perspectiva del alumno que el docente de forma consciente o inconsciente no implementa los valores de respeto, dialogo y autonomía lo cual genera consecuencias negativas sobre el aprendizaje de los estudiantes. Por lo cual sería bueno adoptar nuevas e innovadoras estrategias de aprendizaje, las cuales puedan desarrollar una educación de calidad.

Agradecimientos.

Gracias a la Dra. Ma. A. López Rutiaga por la dedicación, por estar al pendiente de la investigación, y por el tiempo dedicado a el artículo, agradezco al Fis. J. Lara de paz por ayudar con la interpretación de los datos estadísticos y de igual forma agradezco al Map. Marco Ignacio Alcántara García por apoyar esta investigación. Agradezco a todos.

Referencias.

- Bertram, D. (2008). *Likert Scales... are the meaning of life*. Topic report: Recuperado <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf>.
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Mckeachie, W.J., Pintrich, P.R., Lin, Y.G. y Smith, D. (1986). Teaching and learning in college classroom: A review of the research literature. *An Arbor, MI: National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning*, The University of Michigan.
- MINEDU, (2014). Marco del Buen Desempeño Directivo. Lima, Perú. En: <http://www.minedu.gob.pe/pdf/ed/marco-de-buen-desempeno-docente.pdf>
- Morales Vallejo, Pedro. (2006) "Implicaciones para el profesor de una enseñanza centrada en el alumno". Recuperado http://www.didac.unizar.es/jlbernal/enseñar_en_la_Universidad/pdf/13_ensalum.pdf
- Murillo, F. J. (2008). Hacia un modelo de eficacia escolar. Estudio multinivel sobre los factores de eficacia en las escuelas españolas. *Revista electrónica iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 6 (1), 4-28.
- Villarroel, V., & Bruna, D. (2017). Competencias Pedagógicas que Caracterizan a un Docente Universitario de Excelencia: Un Estudio de Caso que Incorpora la Perspectiva de Docentes y Estudiantes. *Formación Universitaria*, 10(4), 75-96. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v10n4/art08.pdf>
- Yong, E. A., Cedeño, E. J., Tubay, M., y Cedeño, L. B. (2018). Trabajo colaborativo y el aprendizaje de las matemáticas en los alumnos de Economía de la UTEQ. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(10), 10-15.
- Wilder Samuel Mendoza Flores (2018) Tesis para obtener el grado académico de: maestro en gestión pública escuela de posgrado programa académico de maestría en gestión pública.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

HACIA UNA METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTADÍSTICA EN EL CONTEO DE VOTOS ELECTORALES EN MÉXICO: UN ESTUDIO PRELIMINAR

L. Moreno-Álvarez¹, J. Arredondo-Valle¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Laguna, Av. Instituto Tecnológico de La Laguna S/N, Col. Centro, CP 27000, Torreón Coahuila, México- lmorenoa@lalaguna.tecnm.mx, jarredondov@correo.itlalaguna.edu.mx

Área de participación: ESTADÍSTICA Y TOMA DE DECISIONES (CB)

Resumen: En este trabajo presentamos un modelo de la probabilidad de asistencia ciudadana a una casilla electoral y de la probabilidad del error en el conteo electoral de los votantes en una elección mexicana típica, fundamentados en la distribución estadística de la probabilidad de éxitos en un conjunto de variables de Bernoulli y en el cálculo de la incertidumbre estadística en una caminata aleatoria unidimensional, mediante el cual es posible calcular la incertidumbre estadística media del resultado de una elección y su probabilidad de ocurrencia asociada. Los resultados preliminares de la aplicación de esta metodología a distintas elecciones de candidaturas unipersonales en la totalidad de las casillas en distintas regiones geográficas y periodos temporales en México, permiten suponer que este modelo puede constituir una útil herramienta analítica y numérica para fundamentar de manera científica la legislación en esta materia electoral, y para facilitar la toma de decisiones de los órganos legislativos y judiciales en la atención de futuros conflictos electorales.

Introducción.

Toda medición tiene asociado un error, y el conteo de votos destinado a medir las preferencias electorales en un país democrático no es una excepción. En México, el sistema de conteo de votos electorales se realiza de forma manual por los ciudadanos el día de la jornada electoral, y la aparición de errores en dicho conteo es espontánea y natural, dada la logística del proceso. Para prevenir en lo posible el efecto de estos errores en el resultado final, los órganos legislativos han dispuesto en la normatividad electoral una serie de candados en las actas de registro de los votos que facilitan la obtención de resultados aritméticos precisos en su cómputo. En particular, hay tres rubros que deben coincidir en el conteo: el de los ciudadanos que acudieron a votar (CV), el de las boletas depositadas en las urnas durante la jornada (BD) y el del total de votos contabilizados (TV), en el entendido de que debe haber tantos votos como boletas entregadas a cada uno de los ciudadanos registrados en la lista nominal de electores (LN) que se presentaron a emitir su voto en la casilla correspondiente el día de la elección (INE, 2018). Aunque estos rubros coinciden en la mayoría de las actas, un número considerable de ellas –poco menos de la mitad– presentan inconsistencias aritméticas en los mismos (ACNielsen, 2006), mismas que son registradas en las bases de datos del Programa de Resultados Electorales Preliminares (PREP) y propagadas en su mayoría a las del Cómputo Distrital, que es el que finalmente determina los resultados de la elección.

A pesar de que existen avances importantes en la construcción de modelos de los mecanismos sociales generadores de la conducta estadística de los resultados en elecciones proporcionales, así como fuertes evidencias empíricas de su universalidad geográfica y temporal (Fortunato, 2007), hay relativamente poco

consenso acerca de lo que ocurre en los procesos de selección de gobernantes en los países con votaciones absolutas, como México, en donde el voto de cada ciudadano tiene el mismo peso en el conteo definitivo para la determinación del candidato ganador, y hay aún menos información sobre el estudio de los errores aritméticos en las actas de registro de los resultados electorales. Al respecto, Luis Mochán (2006), José Antonio Crespo (2008), Javier Aparicio (2009) y Hugo Hernández-Saldaña (2013), así como la consultora privada ACNielsen (2006) han publicado sendos estudios descriptivos de los errores aritméticos en las actas, aventurando suposiciones sobre su origen, que descartan o sugieren la existencia de un fraude electoral en la elección presidencial del año 2006, sin que aporten realmente un análisis fundamental de la matemática detrás del fenómeno de conteo electoral. En este contexto, los autores de este trabajo consideramos que las primeras investigaciones de Poisson acerca de la distribución del número de éxitos en una sucesión de pruebas independientes (Wang, 1993), así como el análisis físico-estadístico de los procesos aleatorios unidimensionales (Reif, 1965) proporcionan los antecedentes matemáticos adecuados y suficientes para modelar dicho fenómeno, permitiendo establecer un valor de probabilidad de validez del conteo en cada una de las casillas y en la votación total de acuerdo con el marco teórico propuesto en la siguiente sección, que permite establecer, además de esta probabilidad, un análisis cuantitativo y gráfico de la dispersión de los errores dentro de las cotas de validez predichas por el proceso, que incluyen las principales fuentes de error en el llenado de las actas de escrutinio y cómputo electoral, como podrá apreciarse en los resultados preliminares de la aplicación de esta metodología a distintas elecciones de candidaturas unipersonales en la totalidad de las casillas en distintas regiones geográficas y periodos temporales en el país.

Fundamento Teórico.

Cada ciudadano registrado en la Lista Nominal de Electores (LN) tiene una probabilidad p_i de asistir a sufragar, con $0 \leq p_i \leq 1$, siendo $p_i = 0$ el caso en el que el ciudadano está imposibilitado para votar el día de la elección (por ejemplo, si falleció, está incapacitado, o perdió su credencial de identificación como elector), y $p_i \approx 1$ cuando tiene una certeza casi absoluta de votar (como ocurre con los candidatos votados, que se espera que acudan sin falta a las urnas para que su asistencia sea registrada por los medios); $p_i = 1$ solamente cuando el voto del ciudadano es un voto seguro en la fecha de la elección, como ocurre con los votos de los ciudadanos residentes en el extranjero, emitidos *antes* del día de la jornada electoral. El hecho de que un ciudadano registrado en la LN acuda a emitir su voto (cumpliendo con todos los requisitos protocolarios), puede considerarse como un ensayo de Bernoulli, X_i , al tener solo dos resultados posibles: la participación (éxito, $X_i = 1$), con probabilidad de ocurrencia p_i , y la abstención (fracaso, $X_i = 0$), con probabilidad $1 - p_i$. Así, el número de votantes V_n en una casilla con n ciudadanos registrados en la LN –es decir, el número de éxitos en n ensayos de Bernoulli independientes– es:

$$V_n = \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

En los sistemas electorales con voto secreto como el mexicano, donde la participación no se ve condicionada por el conocimiento de los resultados parciales durante el día de la elección, cada uno de estos ensayos de Bernoulli es **independiente** de los demás y con una probabilidad de éxito propia, y también distinta en general a la del resto de los ensayos, de manera que el valor esperado y la varianza del número de votantes V_n son respectivamente (Wang, 1993):

$$E(V_n) = \sum_{i=1}^n p_i = \lambda \quad (2)$$

$$Var(V_n) = \sum_{i=1}^n p_i (1 - p_i) = n \bar{p} (1 - \bar{p}) - n s_p^2 = \sigma^2 \quad (3)$$

donde $\bar{p} = (\sum_{i=1}^n p_i) / n$, es el promedio de las probabilidades de participación de los n ciudadanos registrados y $s_p^2 = \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2 / n$, es la varianza (poblacional) de las mismas, que es mayor que cero excepto cuando $n = 1$ o cuando $p_i = \bar{p}$ para todo ciudadano i en la lista de registro electoral. El cociente de participación (o porcentaje de participación, si se multiplica por 100) –turnout– de la casilla está definido como:

$$\tau_n = \frac{1}{n} V_n \quad (4)$$

de manera que por (1) y (2), su valor esperado y varianza respectivos son:

$$E(\tau_n) = \bar{p} \quad (5)$$

$$Var(\tau_n) = (\bar{p} (1 - \bar{p}) - s_p^2) / n = \sigma_p^2 \quad (6)$$

La distribución estadística -función de probabilidad de masa- de V_n está dada por la función binomial de Poisson (Poisson's binomial) (Wang, 1993):

$$f_n(x; \vec{p}) = \sum_{A \in F_x} (\prod_{i \in A} p_i) (\prod_{j \in A^c} (1 - p_j)) \quad (7)$$

donde $\vec{p} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ y:

$$F_x = \{ A : A \subseteq \{1, 2, \dots, n\}, |A| = x \} \quad (8)$$

La distribución *binomial de Poisson* de V_n se reduce a la ampliamente conocida distribución binomial cuando $p_i = \bar{p}$ para todo i . Aunque el cálculo de (7) para valores grandes de n es complicado analítica y numéricamente, el teorema del límite central –en particular, el cumplimiento de las condiciones de Lyapunov por parte de las variables de Bernoulli (Weinstein, 2018)– permite aproximarla, incluso para valores pequeños de n , mediante la función normal con media λ y desviación estándar σ :

$$N(x; \lambda, \sigma), = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\lambda)^2/2\sigma^2} \quad (9)$$

Por su misma naturaleza, es posible considerar un conteo electoral como una variable Y_i dependiente de la interacción entre la variable de participación X_i , y otra

variable de Bernoulli G_i para establecer la existencia de un error al contar al participante, siendo 1 (con una probabilidad $0 \leq q_i \leq 1$) si el conteo es correcto, y 0 (con probabilidad $1 - q_i$) si el conteo es equivocado. En este caso, la variable de conteo Y_i está definida como:

$$Y_i \equiv G_i \text{ XNOR } X_i \quad (10)$$

Esto es, si el conteo de la participación de un ciudadano registrado en la LN es un éxito, su contribución a la cuenta del dato electoral de interés será igual al valor de su variable de participación; y por el contrario, si el conteo de la participación es un fracaso -es decir, hay un error en el conteo-, su contribución a dicha cuenta será el valor opuesto al de su variable de participación, lo que equivale a quitar un voto si el ciudadano se presentó a la casilla electoral, o a aumentarlo si el ciudadano se abstuvo de asistir. La operación (10) define por tanto una nueva variable de Bernoulli Y_i para la contribución de los ciudadanos en la LN al conteo de interés, que tiene una probabilidad de éxito ψ_i ($0 \leq \psi_i \leq 1$) de contribuir al conteo ($Y_i = 1$) y una probabilidad $1 - \psi_i$ de no hacerlo ($Y_i = 0$). Como idealmente el error al contar un voto correspondiente a un ciudadano no debe estar relacionado con el error que se pueda cometer al contar el voto de otro ciudadano distinto, las probabilidades de ocurrencia ψ_i para estos errores deben ser independientes y en general, distintas, unas de otras. Lo anterior nos indica que el resultado del conteo efectuado en la casilla:

$$S = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (11)$$

tendrá una distribución de probabilidades binomial de Poisson, con la misma forma funcional que (7), pero con un valor esperado tal que:

$$E(S) = \sum_{i=1}^n \psi_i = V_n \quad (12)$$

pues el objetivo de cualquier elección es que el conteo de los votos iguale al número de ciudadanos participantes en la mayoría de los recuentos efectuados. El valor esperado del cociente de participación de la casilla de acuerdo con la suma de votos S es precisamente el turnout:

$$E(S/n) = \tau_n \quad (13)$$

La ecuación (12) impone una restricción adicional a las probabilidades ψ_i , que si bien no compromete su independencia estadística, si limita los posibles valores que pueden tomar. Aunque por economía de espacio no es posible presentar el desarrollo completo de la deducción, es posible demostrar que la definición:

$$\psi_i \equiv \tau_n + \alpha \tau^* \text{Cos} \left(\frac{i}{n} 2\pi \right) \quad (14)$$

con $\alpha \in [0,1]$ y

$$\tau^* = \begin{cases} \tau_n, & 0 \leq \tau_n \leq \frac{1}{2} \\ 1 - \tau_n, & \frac{1}{2} < \tau_n \leq 1 \end{cases} \quad (15)$$

cumple con la restricción (12), y permite expresar como $Var(S/n) = \sigma_s^2/n^2 = \sigma_\tau^2$ en función del turnout τ_n como:

$$\varphi(\tau_n) = n \sigma_\tau^2 = \sigma_s^2/n = \begin{cases} \tau_n(1 - \tau_n) \left(1 - \frac{\alpha^2}{2} \left(\frac{\tau_n}{1-\tau_n}\right)\right), & 0 \leq \tau_n \leq \frac{1}{2} \\ \tau_n(1 - \tau_n) \left(1 - \frac{\alpha^2}{2} \left(\frac{1-\tau_n}{\tau_n}\right)\right), & \frac{1}{2} < \tau_n \leq 1 \end{cases} \quad (16)$$

con $\alpha \in [0,1]$. La ecuación (16) nos indica que más allá del número de ciudadanos en la LN (pues es obvio que el error cometido será menor cuando $n \ll 750$), el error en un conteo electoral depende del nivel de participación en la casilla, esperándose que cuando la participación se acerque a su valor mínimo ($\tau_n = 0$) o a su valor máximo ($\tau_n = 1$), resulte más fácil determinar de manera precisa el número correcto de la cantidad contada, lo que es empíricamente intuitivo. El valor del parámetro α determina la estadística de estos errores, yendo desde la distribución binomial (con $\bar{p} = \tau_n$) cuando $\alpha = 0$, hasta una distribución binomial de Poisson con varianza mínima cuando $\alpha = 1$. Como la meta de un conteo electoral es minimizar el error cometido, esperamos que φ en (18) sea mínima, obteniendo:

$$\sigma_s^2/n = \begin{cases} \tau_n \left(1 - \tau_n - \frac{\alpha^2}{4}\right), & 0 \leq \tau_n \leq \frac{1}{2} \\ \left(\tau_n - \frac{\alpha^2}{4}\right) (1 - \tau_n), & \frac{1}{2} < \tau_n \leq 1 \end{cases} = n \sigma_\tau^2 = \varphi_{min} \quad (17)$$

que permite normalizar las desviaciones S cometidas en un conteo electoral que busca determinar el valor exacto V_n en una casilla dada, facilitando el cálculo de su probabilidad de ocurrencia y su comparación con las desviaciones en los conteos de otras casillas. La expresión para la variable de normalización estándar es:

$$Z_s = (S - V_n)/\sigma_s = (\tau_s - \tau_n)/\sigma_\tau = Z_\tau = Z \quad (18)$$

con $\tau_s = S/n$. Es muy útil notar que $Z/\sqrt{n} = (\tau_s - \tau_n)/\sqrt{\varphi} = \phi_z(\tau_s, \tau_n, \alpha)$ sólo depende de los cocientes de participación y del parámetro α , lo que permite establecer cotas a los valores de esta función de acuerdo con las desviaciones máximas que se pueden encontrar en una casilla, cuando $\tau_s \in \{0,1\}$, que corresponden respectivamente a los casos en que ninguna participación fue considerada en el conteo, y a cuando todas las abstenciones fueron contadas como participaciones (o bien cuando la totalidad de la LN acudió a votar), teniendo:

$$\phi_{z,ext} = \begin{cases} -\tau_n/\sqrt{\varphi}, & \tau_s = 0 \\ (1 - \tau_n)/\sqrt{\varphi}, & \tau_s = 1 \end{cases} \quad (19)$$

Cualquier desviación en el conteo que arroje valores de ϕ_z fuera del intervalo $[-\tau_n/\sqrt{\varphi}, (1 - \tau_n)/\sqrt{\varphi}]$, anuncia una anomalía imposible de explicar mediante las desviaciones estadísticas consideradas. La probabilidad (aproximada) $P(Z)$ de obtener un valor normalizado Z en un conteo es, por (9):

$$P(Z) = N(Z; 0,1)/\sqrt{n\varphi} \quad (20)$$

siempre que $\varphi \neq 0$; esto es, que $\tau_n \neq \{0, 1\}$. En los casos en que $\tau_n = \{0, 1\}$, $P(Z) = 0$ para cualquier valor de $Z \neq 0$, pues es imposible cometer un error de conteo para estos turnouts. La magnitud del error de conteo cometido en una casilla es:

$$\delta S = S - V_n = Z\sqrt{n\varphi} \quad (21)$$

Podemos calcular la probabilidad del resultado global de la elección, obtenido de la suma de los resultados individuales de cada una de las M casillas existentes, haciendo uso de los modelos matemáticos de la física estadística, pues este proceso de acumulación de los conteos de cada una de las casillas es análogo al de una caminata aleatoria de M pasos en una dimensión. De acuerdo con la literatura clásica de la física estadística (Reif, 1965), la (densidad de) probabilidad de obtener un resultado S_e de la elección, con:

$$S_e = \sum_{j=1}^M S_j \quad (22)$$

está dada por:

$$\rho(S_e) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_M} e^{-\frac{(S_e - V_M)^2}{2\sigma_M^2}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_M} e^{-\frac{Z_e^2}{2\sigma_M^2}} \quad (23)$$

con $V_M = \sum_{j=1}^M V_{n_j} = M\bar{V}_M$, $\sigma_M^2 = \sum_{j=1}^M \sigma_{S_j}^2 = \sum_{j=1}^M n_j\varphi_j$ y $Z_e = (S_e - V_M)/\sigma_M$. La **incertidumbre estadística de la elección asociada con los errores de conteo cometidos desde las casillas individuales** es simplemente el coeficiente de variación de la elección:

$$\Delta^* S_e / \bar{S}_e = \sigma_M / V_M = \sigma_M / (M\bar{V}_M), \quad (24)$$

con $(\Delta^* S_e)^2 = \overline{(\Delta S_e)^2} = \sum_{j=1}^M \overline{(\Delta S_j)^2} = \sigma_M^2$ y $\bar{S}_e = V_M$.

Resultados y Discusión.

El modelo descrito previamente nos permite analizar los errores de conteo normalizados Z_{CV} y Z_{BD} para las desviaciones entre los respectivos rubros CV (ciudadanos que votaron) y BD (boletas depositadas) respecto de TV (total de votos, que se considera el valor exacto V_n) en cada casilla de una elección. La figura 1 muestra un ejemplo de los errores normalizados del rubro BD en tres elecciones presidenciales (celebradas en 2000, 2006 y 2018), y cuatro elecciones para gobernador estatal (Veracruz en 2016; Edo. de México, Coahuila y Nayarit en 2017),

obtenidos de sus correspondientes bases de datos de resultados preliminares (INE, 2006), indicando los valores límites predichos por (19) y las casillas fuera de ellos.

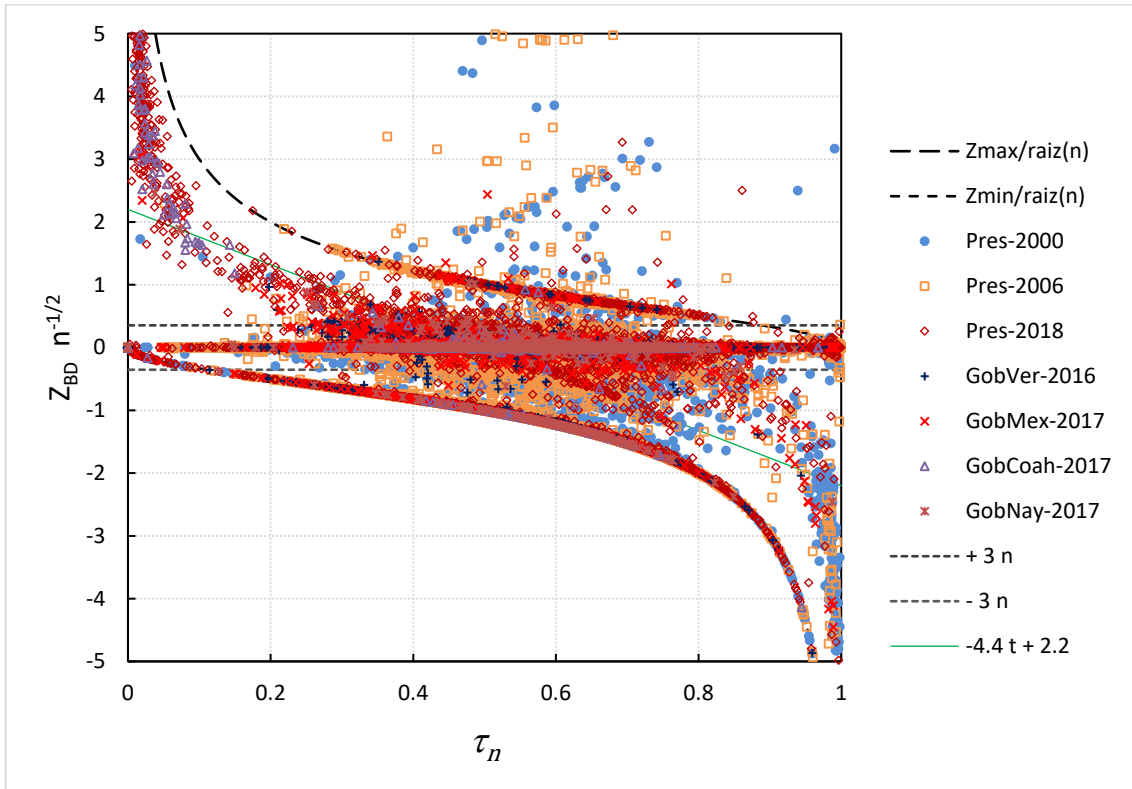


Figura 1.- Normalización del error para el rubro BD entre la raíz del número de votantes de cada casilla en varias elecciones, mostrando los valores límites y las casillas fuera de ellos.

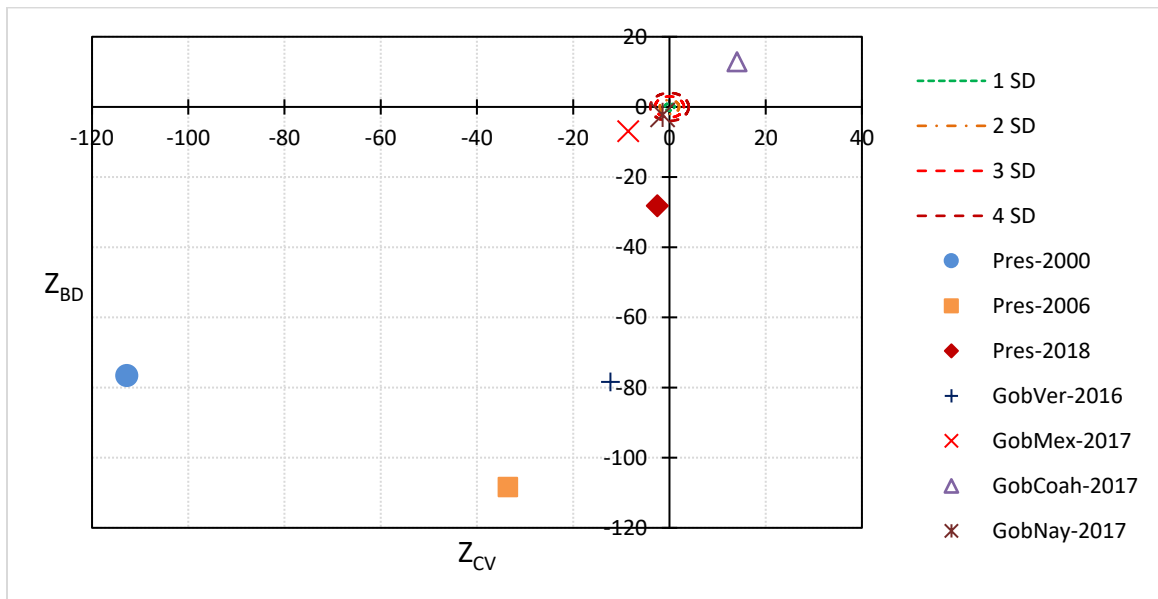


Figura 2.- Normalización de errores para los rubros BD y CV en varias elecciones, mostrando que la única elección que cae dentro de los parámetros aceptables es la de gobernador en Nayarit 2017.

La Figura 2 presenta la normalización de los errores totales para BD y CV en las mismas elecciones, mostrando que la única elección que cae dentro de los parámetros estadísticos aceptables es la de gobernador en Nayarit 2017.

Conclusiones.

El modelo matemático propuesto en este trabajo, y en particular la expresión matemática para el cálculo de la varianza mínima esperada en un conteo electoral, permiten cuantificar la incertidumbre estadística media de una elección y establecer con base en ella un criterio numérico para la certeza electoral en la determinación del ganador. Los casos analizados para México indican que su sistema de cómputos electorales no cuenta con la precisión necesaria para determinar con absoluta certeza estadística a los candidatos ganadores, salvo en situaciones en las que la diferencia entre el primero y segundo lugares es muy amplia, de manera que supera la elevada incertidumbre de sus conteos. Así mismo, el análisis propuesto permite observar la presencia de desviaciones en el conteo de los rubros CV y BD que están correlacionadas linealmente con la votación total TV de algunas casillas.

Referencias

- A.C, Nielsen. (2006) *Análisis sobre Errores Aritméticos*. (Reporte al INE). México.
- Aparicio, J. (2008) *Análisis estadístico de la elección presidencial de 2006. ¿fraude o errores aleatorios?* Política y Gobierno, vol. Temático, núm. 2, 2009, pp. 225-243. Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C. México
- Crespo J.A. (2008) *2006: hablan las actas. Las debilidades de la autoridad electoral mexicana*, Debate-Random House Mondadori, México.
- Fortunato S., Castellano C. (2007) *Scaling and Universality in proportional elections*. PRL 99, 138701, 1-4.
- Hernández-Saldaña, H. (2013) *Results on Three Predictions for July 2012 Federal Elections in Mexico Based on Past Regularities*. PLoS ONE 8(12): e82584.
- Instituto Nacional Electoral (2018). *Manual de la y el funcionario de casilla: Casilla Única. Proceso electoral 2017-2018*. INE, México. <https://www.ine.mx/wp-content/uploads/2018/06/DECEyEC-ManualFunc-Unica.pdf>
- Mochán W.L. (2006) *Incertidumbre y errores en las elecciones de 2006*. Ciencias 84, 39-49.
- Reif F. (1965), *Fundamentals of statistical and thermal physics*, McGraw-Hill, USA.
- Wang H.Y. (1993) *On the number of successes on independent trials*. Statistica Sinica 3 295-312
- Weisstein, E.W. *Lyapunov Condition*. From MathWorld--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/LyapunovCondition.html>, Last review on 04/12/2018.

Autorización y renuncia. Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

GEOGEBRA: UN ALIADO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE EN CÁLCULO INTEGRAL

A. Figueroa-Delgado^{1,2}, A. E. Diaz-Dominguez¹.

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- angel.fd@zacatepec.tecnm.mx, arturo.dd@zacatepec.tecnm.mx, arturo.dd@zacatepec.tecnm.mx

²DGETAyCM- Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 194, Cerro de la Trilla S/N, Col. Centro, Miacatlán Morelos, México-, angelfigueroa194@dgetaycm.sems.gog.mx,

Área de participación: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB)

Resumen: El presente trabajo constituye una experiencia educativa, derivada del proceso de enseñanza-aprendizaje, del tema “Aproxima el área bajo una curva mediante figuras regulares (rectángulos o trapecios) inscritas, a través de la medición o cálculo del área de estas y se estima el valor del área bajo la curva”, del programa de estudios de cálculo integral del componente básico del marco curricular común de la Educación Media Superior (EMS) en México. El trabajo está enfocado en la didáctica matemática, dentro de la calidad educativa. El propósito de esta experiencia es desarrollar el campo conceptual del cálculo y la didáctica de su enseñanza-aprendizaje, considerando dos aspectos principales: El primero, de ámbito cognitivo mediante el cual se preparó material curricular con el objetivo de introducir previamente el concepto de integral definida como área bajo la curva, desde una perspectiva gráfica y numérica. El segundo aspecto, de ámbito tecnológico, consistió en la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en las matemáticas mediada por la aplicación Calculadora Gráfica de GeoGebra.

Introducción.

En la actualidad, las y los jóvenes viven y emigran a la vida adulta y profesional, e interactúan con el aprendizaje y la innovación; además de procesar, comprender y utilizar información a gran velocidad. De manera simultánea, aprender matemáticas es uno de los retos más grandes en este nivel educativo, sin embargo, estas se pueden relacionar con el uso de la tecnología digital para facilitar los procesos de aprendizaje (Aibhín & Brendan, 2017).

Por lo anterior, debe haber una conexión entre el currículo, la escuela, las y los alumnos y la tecnología, ya que la misma puede incidir en atacar los problemas educativos como los *bajos resultados académicos, la reprobación y el abandono escolar*.

En consecuencia, se requiere transformar la educación para incorporar en el aula y en la práctica docente las TIC, para que las y los jóvenes aprendan y sigan preparándose para su educación profesional; de tal manera la vinculación de la tecnología con la enseñanza de las matemáticas presenta un desafío para el docente, no solo por el hecho de que las TIC hayan evolucionado, sino porque parecen servir en la resignificación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

De lo anterior hay evidencia empírica que concibe a las TIC como intermediarias en el aprendizaje y en prácticas innovadoras de las ciencias (Musti-Rao, 2017). En este sentido, en el año 2002, surge un software llamado *GeoGebra*, que fusiona la geometría dinámica y el álgebra computacional (Belgheis & Kamalludeen, 2018), y hasta hoy en día lo conciben como una herramienta para la educación matemática, pues sirve para todos niveles o grados académicos de enseñanza (DiSessa, 2018),

debido a que brinda nuevas oportunidades a partir de medios tecnológicos, fundamentados en la visualización y exploración de objetos, así como conceptos matemáticos. También, existe evidencia a favor del uso de *GeoGebra* para que los estudiantes exploren una gama más amplia de tipos de funciones y alcancen conexiones entre representaciones simbólicas y visuales, incluso mayores, si se combinan con otras herramientas como el uso de pizarras digitales (Dekkers & Hayes, 2020), con el ánimo de promover y transformar el discurso matemático.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El desarrollo de esta experiencia educativa se presentó a un grupo de trabajo de 20 estudiantes de la carrera técnico en ofimática y 20 estudiantes de técnico en administración para el emprendimiento agropecuario del Centro de Bachillerato Tecnológico No. 194 (CBTa 194), de Miacatlán, Morelos; bajo la siguiente dinámica:

En primer lugar, del *ámbito cognitivo* se desarrolló el tema “*cálculo del área bajo la curva*” de una situación problemática y su representación gráfica, a través de la aproximación por trapecios.

En segundo lugar, de *ámbito tecnológico*, se trabajó con la misma situación problemática, pero con el uso del software *GeoGebra*, para obtener y comparar el área bajo la curva con el método analítico.

La situación problemática planteada a ambos grupos de estudiantes es la siguiente: *Se sabe que la tasa de consumo de combustible, en litros/hora, por el motor de una máquina trituradora de impacto está dado por la expresión: $C(t) = t^2 - 4$, que es la razón a la cual se consume el combustible en el instante t ; para la cual se pide calcular la cantidad total de combustible consumida por ese motor en el intervalo $[2, 6]$ horas.*

Del grupo de Técnico en Ofimática, diez estudiantes realizaron el cálculo analítico a través de la generación de 6 trapecios elaborando una tabla de concentración de sus datos como las que se muestran en la Figura 6; y el resto lo hizo mediante 8 trapecios como se muestra en la Tabla 2. Posteriormente comprobaron sus cálculos analíticos con el software *GeoGebra* para que verificaran sus resultados y generaran sus conclusiones del trabajo de los ámbitos cognitivo y tecnológico.

Tabla 1. Resultados analíticos de estudiantes que trabajaron 6 trapecios.

n	x_1	x_2	B/n	$f(x_1)=x^2-4$	$f(x_2)=x^2-4$	$A_i=[(f(x_1)+f(x_2))/2]*(B/n)$
1	2.00	2.67	0.67	0.00	3.11	1.04
2	2.67	3.33	0.67	3.11	7.11	3.41
3	3.33	4.00	0.67	7.11	12.00	6.37
4	4.00	4.67	0.67	12.00	17.78	9.93
5	4.67	5.33	0.67	17.78	24.44	14.07
6	5.33	6.00	0.67	24.44	32.00	18.81
Area bajo la curva (u^2)						53.63

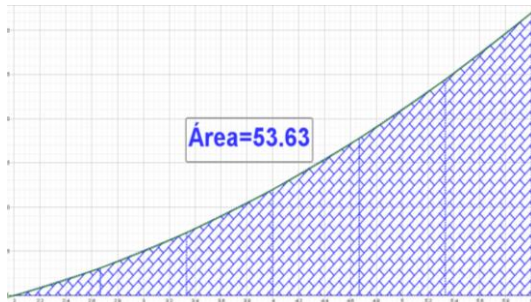
Tabla 2. Resultados analíticos de estudiantes que trabajaron 8 trapecios.

n	x_1	x_2	B/n	$f(x_1)=x^2-4$	$f(x_2)=x^2-4$	$A_i=[(f(x_1)+f(x_2))/2]*(B/n)$
1	2.00	2.50	0.50	0.00	2.25	0.56
2	2.50	3.00	0.50	2.25	5.00	1.81
3	3.00	3.50	0.50	5.00	8.25	3.31
4	3.50	4.00	0.50	8.25	12.00	5.06
5	4.00	4.50	0.50	12.00	16.25	7.06
6	4.50	5.00	0.50	16.25	21.00	9.31
7	5.00	5.50	0.50	21.00	26.25	11.81
8	5.50	6.00	0.50	26.25	32.00	14.56
Area bajo la curva (u^2)						53.50

Los primeros diez estudiantes determinaron que la maquina 53.63 litros durante las horas 2 y 6 de trabajo, por otro lado, el resto del grupo determino un consumo de 53.5 litros; mediante el proceso analítico.

Por otro lado al trabajar con GeoGebra compararon sus resultados analíticos y representaron sus gráficas y el área para cada caso señalado, la Figura 6.a muestra el trabajo de los 10 estudiantes que utilizaron 6 trapecios, de la misma manera la Figura 6.b muestra el trabajo del resto del grupo que utilizo 8 trapecios para sus cálculos de aproximaciones de área.

(a)



(b)

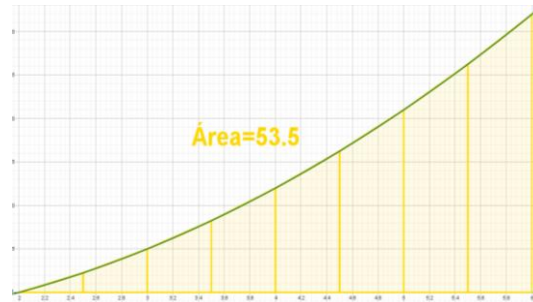


Figura 6. (a) Resultados con las TIC de estudiantes que trabajaron 6 trapecios. (b) Resultados con las TIC de estudiantes que trabajaron 8 trapecios.

Para el grupo de Técnico en Administración para el Emprendimiento Agropecuario, diez estudiantes de realizaron el cálculo analítico a través de la generación de 12 trapecios concentrando sus resultados en la Tabla 3, obteniendo un total de 53.4 litros de consumo de combustible; el resto lo hizo mediante 16 trapecios concentrando sus resultados en la Tabla 4, con un total de 53.38 litros de combustible consumido por la máquina trituradora.

Tabla 3. Resultados analíticos de estudiantes que trabajaron 12 trapecios.

n	x_1	x_2	B/n	$f(x_1)=x^2-4$	$f(x_2)=x^2-4$	$A_i=[(f(x_1)+f(x_2))/2]*(B/n)$
1	2.00	2.33	0.33	0.00	1.44	0.24
2	2.33	2.67	0.33	1.44	3.11	0.76
3	2.67	3.00	0.33	3.11	5.00	1.35
4	3.00	3.33	0.33	5.00	7.11	2.02
5	3.33	3.67	0.33	7.11	9.44	2.76
6	3.67	4.00	0.33	9.44	12.00	3.57
7	4.00	4.33	0.33	12.00	14.78	4.46
8	4.33	4.67	0.33	14.78	17.78	5.43
9	4.67	5.00	0.33	17.78	21.00	6.46
10	5.00	5.33	0.33	21.00	24.44	7.57
11	5.33	5.67	0.33	24.44	28.11	8.76
12	5.67	6.00	0.33	28.11	32.00	10.02
Area bajo la curva (u^2)						53.41

Tabla 4. Resultados analíticos de estudiantes que trabajaron 16 trapecios.

n	x_1	x_2	B/n	$f(x_1)=x^2-4$	$f(x_2)=x^2-4$	$A_i=[(f(x_1)+f(x_2))/2]*(B/n)$
1	2.00	2.25	0.25	0.00	1.06	0.13
2	2.25	2.50	0.25	1.06	2.25	0.41
3	2.50	2.75	0.25	2.25	3.56	0.73
4	2.75	3.00	0.25	3.56	5.00	1.07
5	3.00	3.25	0.25	5.00	6.56	1.45
6	3.25	3.50	0.25	6.56	8.25	1.85
7	3.50	3.75	0.25	8.25	10.06	2.29
8	3.75	4.00	0.25	10.06	12.00	2.76
9	4.00	4.25	0.25	12.00	14.06	3.26
10	4.25	4.50	0.25	14.06	16.25	3.79
11	4.50	4.75	0.25	16.25	18.56	4.35
12	4.75	5.00	0.25	18.56	21.00	4.95
13	5.00	5.25	0.25	21.00	23.56	5.57
14	5.25	5.50	0.25	23.56	26.25	6.23
15	5.50	5.75	0.25	26.25	29.06	6.91
16	5.75	6.00	0.25	29.06	32.00	7.63
Area bajo la curva (u^2)						53.38

Al comparar sus resultados analíticos con GeoGebra encontraron que sus aproximaciones coincidían con lo que representaron sus gráficas y el área para cada caso señalado; el trabajo de los 10 estudiantes que utilizaron 12 trapecios se muestra en la Figura 7.a, al igual que la Figura 7.b muestra el trabajo del resto del grupo que utilizó 16 trapecios para sus cálculos de aproximaciones de área bajo la curva.

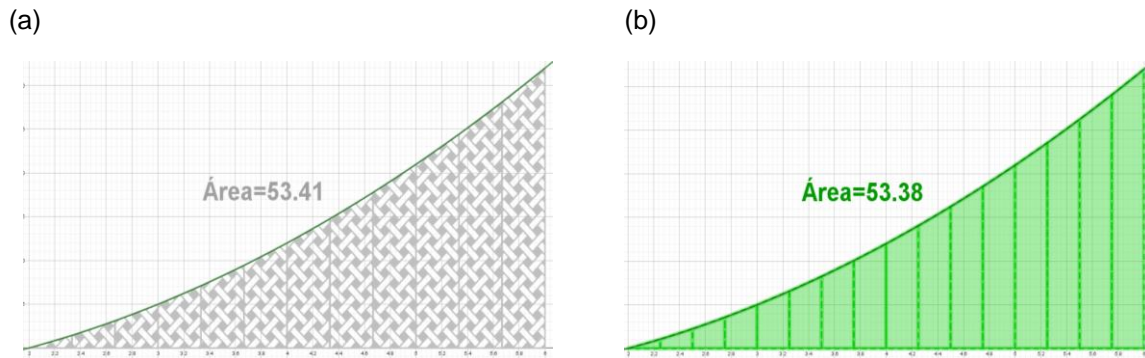


Figura 7. (a) Resultados con las TIC de estudiantes que trabajaron 12 trapecios. (b) Resultados con las TIC de estudiantes que trabajaron 16 trapecios.

Resultados y Discusión.

Los resultados obtenidos de forma analítica fueron desarrollados con base en los conocimientos adquiridos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y fueron los esperados, por otro lado los resultados obtenidos con el uso de *GeoGebra* permitieron a los estudiantes comparar y observar que el aprendizaje adquirido lo pueden reforzar con el uso de las TIC y comprobar que son los esperados o correctos, además de que pueden interactuar con un número distinto de trapecios para aproximar el área bajo la curva, lo cual les causó interés por seguir aprendiendo con el uso de las TIC, propiciando la indagación por otras aplicaciones o descubrir más herramientas de *GeoGebra*.

Hago mención que, derivado de la exploración de las herramientas surgió un estudiante interesado generar un trabajo que le permitiera interactuar con un número distinto de trapecios pero de una forma más dinámica, presentando por su propia cuenta el uso de un deslizador para propiciar el cálculo desde con un trapecio hasta con 100 trapecios, tal y como se muestra en la Figura 8.

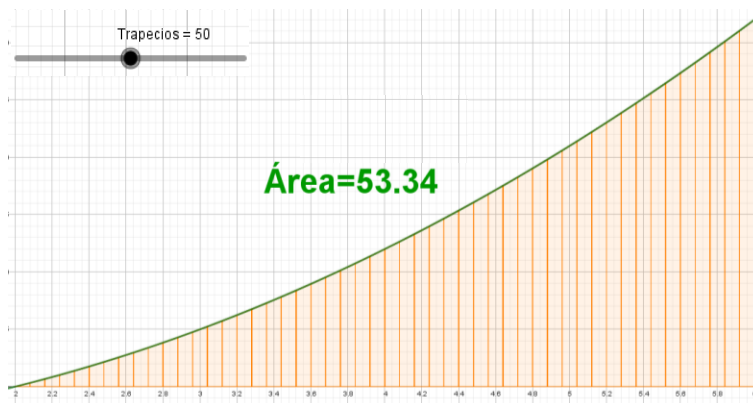


Figura 8. Demostración de uso de las TIC para una estimación del área con un número infinito de trapecios.

Conclusiones.

Los resultados presentados en esta experiencia educativa comparan el logro del proceso de enseñanza-aprendizaje alcanzado por los dos grupos de estudiantes sobre la noción de “*área bajo la curva*”, a partir del ámbito cognitivo y la unión del ámbito tecnológico con el uso de la aplicación de *GeoGebra*.

Por otro lado, se hace mención que *GeoGebra* es una herramienta tecnológica didáctica debido a que permite la utilización de los dispositivos móviles en tiempo real (clase) sin necesidad de ir a un laboratorio de cómputo, haciendo pertinente la enseñanza del tema dentro del aula.

Los estudiantes, expresan que sintieron confianza al aproximar el área bajo una curva mediante trapecios inscritos; y al utilizar la aplicación para comparar sus resultados, compartieron que el software es muy dinámico, amigable y fácil de manipular, señalan que al observar la gráfica y el área les permite conceptualizar el tema de una forma más rápida para darle sentido a la enseñanza recibida y que su aprendizaje se desarrolle significativamente, además de la aportación de sus expresiones orales sobre el uso de *GeoGebra*, en la Tabla 5 se muestran los resultados de una encuesta en la que valoraron su experiencia al utilizar el software *Geogebra*.

Tabla 5. Datos arrojados en la encuesta de valoración del uso de Geogebra.

Pregunta	Facil	Intermedio	Difcil
¿Qué nivel de complejidad experimentó al manejar el programa GeoGebra?	25	10	5
El lenguaje técnico que maneja este software	16	18	6
	51%	35%	14%
	Si	Tal vez si	No
Cree usted que estas herramientas ayudarían en el desarrollo del pensamiento matemático	21	13	6
La herramienta Geogebra le sería útil para el aprendizaje de otras asignaturas	19	16	5
	50%	36%	14%

Dando como resultado una aceptación de más de 80% como una opción viable para el uso de *GeoGebra* en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, debido a que lo conciben como un software fácil e intermedio para su uso, además de que si y tal vez si usarían el software.

Las aplicaciones tecnológicas son cada vez más utilizadas en la práctica docente, desde el nivel básico hasta el nivel superior, aplicándolos en los programas de estudio de ingeniería en asignaturas básicas como cálculo diferencial e integral, cálculo vectorial, física, estática y dinámica. El uso de las TIC permite alcanzar la comprensión de conceptos matemáticos a través del desarrollo de actividades prácticas en el aula.

Agradecimientos.

Agradecemos al Centro de Bachillerato Tecnológico No. 194, por el apoyo brindado al realizar la dinámica con los grupos de estudiantes antes señalados.

Referencias

- Dekkers, A., & Hayes. (2020). The new chalkboard: The role of digital pentechologies in tertiary mathematics teaching within Covid-19 restricted environments. In Scholarship of Tertiary Teaching Online Conference.
- Belgheis, S., & Kamalludeen, R. (2018). The Intention to Use GeoGebra in the Teaching of Mathematics among Malaysian Teachers. Malaysian Online Journal of Educational Technology, 109-115.
- DiSessa, A. (2018). Computational literacy and “the big picture” concerning computers in mathematics education. Mathematical thinking and learning, 3-31.
- Aibhín, B., & Brendan, T. (Noviembre de 2017). Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends. sciencedirect, 255-273.
- Musti-Rao, S. (2017). Introduction to special issue: integrating technology within classroom practices. Intervention in School and Clinic, 131-132.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

INTEGRACIÓN DE INDICADORES PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ACADÉMICA ITZ-TECNM

D. Mulato Agüero¹, **R.M. Urzúa Rangel²**, **L. Santa Olalla Ocampo³**,

^{1,2,3}Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-, daniel.ma@zacatepec.tecnm.mx
roberto.ur@zacatepec.tecnm.mx, leticia.so@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: ESTADÍSTICA Y TOMA DE DECISIONES (CB)

Resumen: Este documento es una propuesta para visibilizar algunos indicadores que estimen el estado de eficiencia académica de las 20 generaciones de estudiantes que han ingresado; periodo a periodo, a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Zacatepec durante los últimos 10 años. La construcción, la estimación, la integración y la visibilidad de estos indicadores es requerida para comparar los hallazgos obtenidos con los resultados esperados en las metas académicas institucionales. Es por esto que la integración de estos indicadores se propone como una de las bases para el análisis y la gestión reticular para promover, con parámetros de mayor eficiencia, el avance académico de cada estudiante durante su tránsito en el plan estudios.

Para la genuinidad de los resultados se requiere la obtención de los datos académicos de cada estudiante que ha ingresado a cada una de las cohortes del periodo estimado para este estudio. La información que produce la compilación y el tratamiento de los datos obtenidos, logran describir el estado de eficiencia académica que apoyen a la toma de decisiones que buscamos en esta investigación

Introducción.

Cómo una respuesta a las actuales tendencias de la educación y a los desafíos que plantea la sociedad del conocimiento el TecNM busca atender la necesidad de mejorar la preparación de las nuevas generaciones. Para dicha búsqueda es necesario valorar por medio de indicadores a las áreas de oportunidad que a través de estrategias adecuadas logren el cumplimiento de las metas propuestas y más grandes.

Estas líneas de acción están planteadas en el Programa de Desarrollo Institucional PDI 2019-2024 del Tecnológico Nacional de México que define en el Eje Estratégico 1 “Calidad educativa, cobertura y formación integral” lo siguiente: “Calidad: De acuerdo con las reformas al Artículo 3º. Constitucional (DOF 15-05-2019), Para el sustento de este eje se plantean algunos objetivos, y en específico el objetivo 2: “Ampliar la cobertura con un enfoque de equidad y justicia social” que en sus líneas de acción detallamos la 2.2.6 que refiere a la “Mejora de la eficiencia terminal” con el indicador de logro “Índice de Eficiencia Terminal de Licenciatura”.

Este indicador de Eficiencia Terminal solo ofrece el valor de egreso de una generación al momento que concluye su plan de estudios; además, esa generación de egreso se conforma con estudiantes que pertenecen a distintas generaciones de ingreso y que debido a su distinta gestión reticular egresaron en el mismo periodo. De esa manera no es posible entender el egreso por cada cohorte que ha concluido; y esa valoración al concluir el plan de estudios ya es tarde para entender el logro temporal de la eficiencia académica por periodo semestral que finalmente beneficia a la eficiencia terminal. Además, en este indicador no vemos un dato que manifieste

la eficiencia académica con la que los, y las, estudiantes van desempeñándose en el transcurso de su carrera.

Es necesario buscar otros indicadores que se lean antes de que la generación de egreso se alcance y que tengan recurrencia en cada periodo para evaluar y orientar estrategias académicas que aporten al índice de eficiencia terminal.

Entonces la búsqueda de estos indicadores está relacionada a la eficiencia académica que cada estudiante logra dentro de una generación de ingreso y que condiciona el índice de eficiencia terminal. Este requerimiento de índices que establezcan el nivel de eficiencia académica plantea la interrogante de cuáles son los datos más adecuados para describir con certeza el desarrollo y conclusión de cada estudiante en su tránsito por el plan de estudios. En cada periodo escolar obtenemos por cada estudiante datos del ingreso, o egreso; datos de la cantidad de estudiantes que no ha egresado aún y el estado en “activo”, “inactivo” o “deserción” por cada “no egreso”. También, durante el periodo se conoce la cantidad de créditos por cursar y cuántos de esos créditos se consideran aprobados por el o la estudiante al cierre del periodo. De los créditos aprobados se sabe el valor de calificación en cada materia cursada durante el periodo y el valor promedio general que va aportando a la calificación promedio de egreso.

Todos estos datos son representativos de la eficiencia académica, pero son tratados y leídos como datos individuales (por cada estudiante) o por toda la matrícula activa de un plan de estudios. Estos datos no han sido compilados ni integrados por cohorte generacional, en tránsito o ya concluidas, que nos permitan entender el estado colectivo de la eficiencia académica alcanzada por los, y las, estudiantes que en algún momento hayan ingresado al plan de estudios en alguna generación. Desde la individualidad no podemos interpretar el logro de éxito que las estrategias académicas han alcanzado para toda una matrícula. Y los datos por matrícula no dejan ver el impacto que las decisiones estratégicas han tenido en cada cohorte generacional. Entonces, es necesario llevar la individualidad a un estado colectivo de análisis, y que ese análisis sea por cada segmento generacional que integra la matrícula activa.

Por lo anterior, este trabajo propone obtener un análisis de eficiencia académica por medio del seguimiento de las cohortes generacionales en el que, se visibilice el estado académico de cada estudiante semestre a semestre durante su tránsito escolar y, sea la base de los indicadores colectivos de cada generación que ingresó para entender el avance reticular de toda esa generación, o el retraso o el desfase de ésta; la permanencia activa o en inactiva de su población estudiantil o su deserción; el aprovechamiento de los créditos asignados como el insumo académico que provee su avance y los promedios de calificaciones que ilustran el alcance de las competencias profesionales del perfil de egreso.

Para el enfoque aplicado de este caso se tomó como base de estudio a la población estudiantil de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Zacatepec, que ha sido una de las carreras con mayor matrícula dentro de la institución; con la intención de replicar el modelo de estudio en las otras carreras de la oferta académica.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Los indicadores que se requiere conseguir son los valores de la composición porcentual de las cohortes analizadas que describan la permanencia de estudiantes, el egreso y no egreso, el aprovechamiento de créditos reticulares y los promedios de calificación para estimar la eficiencia académica de las cohortes generacionales que están vigentes en el plan de estudios de ISC en el ITZ para la toma de decisiones

Hipótesis

1. Existen áreas de oportunidad para mejorar las estrategias que afecten la eficiencia académica de las cohortes generacionales de la carrera de ISC del IT Zacatepec-TecNM.
2. Existen diferencias significativas en la eficiencia académica de las cohortes generacionales que ingresan a través de los diferentes filtros de ingreso.

Justificación

El logro de este trabajo aporta a la mejora continua de los procesos, entre otros, los siguientes beneficios: 1.- Se puede evaluar el logro y alcance de las metas institucionales respecto al Índice de Eficiencia Terminal. 2.-Con el monitoreo semestral de los indicadores se orientan estrategias que incrementen el Índice de Eficiencia Terminal.3.- Se establece un escenario de oportunidades para la mejora continua en los procesos que participan en la gestión reticular, contribuyendo así al PDI 2019-2024 del TecNM. 4.-Se aventaja en los procesos de acreditación en los que la institución participa, ya que estos indicadores también funcionan como un instrumento para comparar resultados obtenidos y esperados en la planeación estratégica de las metas académicas.

Objetivo general

Obtener los valores de indicadores para sustentar el análisis de la eficiencia académica que describa el estado en que se encuentran las cohortes generacionales de ISC del IT Zacatepec-TecNM.

Objetivos específicos

- 1 Formular los indicadores adecuados para el análisis de eficiencia académica a las cohortes de interés en este estudio.
- 2 Establecer un modelo para la obtención de datos y generación de valores para los indicadores propuestos.
- 3 Aplicar los indicadores para todas las cohortes generacionales que están vigentes, y de las no vigentes para formar una base histórica de información.
- 4 Dar visibilidad a la integración de los indicadores obtenidos para su referencia de nuevos estudios.

Marco teórico

En el Proyecto del Programa Institucional de Desarrollo 2019 -2024 se presenta una síntesis de la situación que prevalecía en el Tecnológico Nacional de México al cierre del 2018, así como los principales problemas existentes y los retos que se identificaron a partir de este ejercicio. Uno de los problemas es altos índices de

deserción escolar que afectan las posibilidades de movilidad social de los estudiantes. Siendo uno de sus retos incrementar los índices de eficiencia terminal. (PDI 2019-2024, TecNM). La **eficiencia terminal** se define como la relación cuantitativa de los estudiantes que egresan del programa entre el total de estudiantes inscritos en la cohorte. (CACEI, 2018). Un estudiante **egresa** cuando se hace acreedor a un certificado o constancia de estudios. (SEP, 2011). Para el TecNM el egreso se refleja en la eficiencia terminal como enmarca en el PID 2019-2024, y que depende de la eficiencia académica. “**La Eficiencia Académica** es un indicador evaluativo cuya dimensión cuantitativa refleja aspectos cualitativos que van desde la calidad de los sistemas educativos precedentes, las políticas de ingreso a la educación superior, hasta una amplia gama de factores que intervienen en el proceso docente educativo y en las políticas institucionales para garantizar la permanencia de los estudiantes”. (Rodríguez, 2015)

Con relación a la eficiencia terminal, este trabajo presenta como un indicador las cohortes generacionales. “En las instituciones de educación superior es un grupo de alumnos que ingresan en un mismo momento y egresan en el tiempo contemplado en el plan de estudios”. (SEP, 2011)

La eficaz selección de aspirantes en los programas del Instituto Tecnológico de Zacatepec podría conllevar a una mejor eficiencia terminal. En el Instituto Tecnológico de Zacatepec hay dos periodos de ingreso uno en agosto y el otro en enero de cada año. El ingreso en el mes de agosto en la convocatoria se indica el procedimiento. El aspirante después de haber cumplido con la documentación requerida por la institución debe presentar las dos fases. La fase 1 consiste en el resultado del examen de Ceneval EXANII según el convenio realizado entre en Ceneval y TecNM (DGEST, 2018) y el promedio de nivel medio superior. La fase 2 consiste en aprobar el curso de nivelación y una evaluación psicométrica.

Una vez que el aspirante concluye con el filtro de ingreso se considera un Estudiante activo o inscrito que de acuerdo al manual de lineamientos académicos – administrativos. (Lineamiento TecNM, 2015).

Un estudiante está inactivo cuando haya cursado al menos un semestre en el Instituto tiene derecho a solicitar baja temporal en la totalidad de las asignaturas en que esté inscrito, dentro de los 20 días hábiles a partir del inicio oficial de los cursos.

En cuanto a los aspectos ligados con la institución y la situación académica del estudiante se consideran dos factores que afectan de igual manera a la eficiencia terminal que son la **deserción** y la **baja definitiva**. (Lineamiento TecNM, 2015).

Diseño y método de la investigación

Esta investigación es un estudio longitudinal que usa los valores registrados durante los 20 periodos escolares anteriores. Los valores son cuantitativos para generar datos estadísticos que describan el estado de la eficiencia académica de cada cohorte generacional. La recopilación de datos se hace desde la base de datos de

control escolar y es un censo de todos los datos registrados por cada estudiante de la carrera que haya ingresado durante el periodo de estudio. La compilación de datos se hace en hojas de cálculo que clasifican los registros de estudiantes en conjuntos que comparten el mismo periodo de ingreso. El tratamiento estadístico de esos datos genera los resultados para el análisis y la discusión de los hallazgos de la eficiencia académica.

Definición de las variables

Los registros para la clasificación de datos por cohorte y por estudiante se integraron con las siguientes variables.

1. Ingreso de la cohorte generacional
2. Vigencia de la cohorte generacional
3. Tamaño de la cohorte generacional
4. Estado de permanencia del estudiante dentro de la cohorte
5. Número de créditos asignados
6. Número de créditos aprobados
7. Promedio académico
8. Promedio académico de egreso

Técnicas y procedimientos de recopilación

Los datos de las variables requeridas para el estudio se tomaron de la base de datos escolar y se compilaron en hojas de cálculo por cada cohorte generacional, con los datos por cada estudiante de esa cohorte. Los datos de registros son: identificación del registro, créditos asignados, créditos aprobados, promedio general acumulado, estado de permanencia en cada periodo alcanzado en la cohorte, último periodo activo, y egreso oficial del plan reticular. El volumen logrado para sustentar el estudio es de 45900 datos, de los 2345 estudiantes registrados en las 20 cohortes del estudio.

Tratamiento de la información

Los datos son manipulados y tratados en las hojas de cálculo por cada uno de los 12 periodos semestrales de las cohortes, ya cerrados o de los periodos alcanzados en las aún vigentes, con la intención de dar seguimiento a la eficiencia académica de las cohortes en su tránsito a la eficiencia terminal. Este es el tratamiento para obtener los indicadores:

Porcentaje de créditos asignados y aprobados: Se consigue del número de créditos aprobados *100 entre el número de créditos asignados. Este valor se calcula por estudiante y por la sumatoria de toda la cohorte. Promedio de egreso, Porcentaje de egreso: Porcentaje de no egreso, Porcentaje de inscritos, Porcentaje de inactivos: y Porcentaje de deserción.

El tratamiento de datos logra obtener los indicadores necesarios para fundamentar el análisis de este caso de estudio; los indicadores están enlistados en Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores por ingreso de la cohorte

INDICADORES	
Semestre por cursar	Cantidad de no egreso:
Tamaño de la cohorte	Porcentaje de no egreso
Porcentaje del tamaño de la cohorte	Inscritos en la cohorte
Créditos asignados	Porcentaje inscritos en la cohorte
Créditos aprobados	Inscritos que quedan fuera de la cohorte
Porcentaje de créditos asignados aprobados	Porcentaje inscritos quedan fuera de la cohorte
Promedio académico	Inactivos
Promedio académico de egreso	Porcentaje de inactivos
Cantidad de egreso	Deserción escolar
Porcentaje de egreso	Porcentaje de deserción escolar

Resultados y Discusión.

Con los resultados obtenidos en las 20 cohortes se visualiza el comportamiento de las variables para interpretar el estado de eficiencia académica en las cohortes y en la matrícula registrada desde enero del 2011.

Con respecto al egreso se revisa el indicador de porcentaje de egreso en todas las cohortes que han alcanzado sus periodos permitidos para la conclusión del plan de estudios (9 cohortes). El valor del indicador da el promedio de 48%, el mínimo de 16% (ingreso de enero 2012), y el máximo de 59% (ingreso de agosto 2012). El valor esperado por las metas del TecNM para eficiencia terminal ubica el rango de egreso en el 50%. Esto es que 5 de las 9 cohortes de ISC en el ITZ superan la meta del TecNM con una frecuencia de logro del 55% de las cohortes.

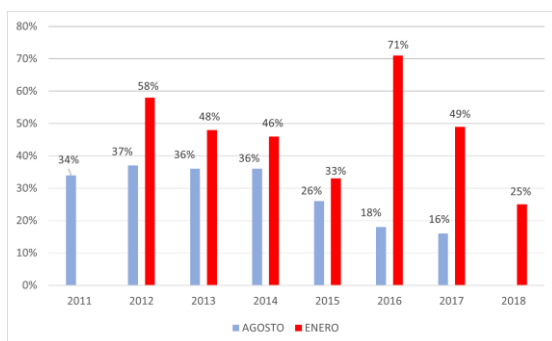


Figura 1. Deserción por cohorte. Fuente: elaboración propia

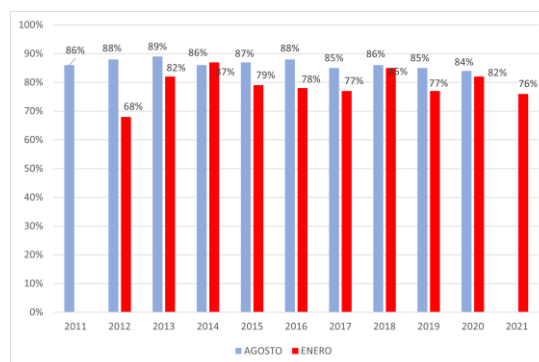


Figura 2. Porcentaje de Créditos asignados y aprobados. Fuente: elaboración propia.

Para considerar la gestión reticular por créditos académicos y el aprovechamiento de estos como insumo académico se revisa el indicador de porcentaje de créditos asignados aprobados en todas las cohortes. El promedio es de 83%, el mínimo de 68% (ingreso de enero 2012), y el máximo de 89% (ingreso de agosto 2013). No hay una meta institucional con respecto a este criterio. Con respecto al promedio académico como estimación del nivel de desempeño de las competencias específicas con las que la cohorte cumple con el perfil de egreso se revisa el

indicador de promedio académico de egreso en todas las cohortes que han alcanzado sus periodos permitidos para la conclusión del plan de estudios (9 cohortes). Valor promedio 87. Valor mínimo de 84 (ingreso de enero 2012), Máximo de 89 (ingreso de agosto 2012 y agosto 2013). La escala de valor del TecNM ubica el nivel de “Notable” para el rango de desempeño entre 85 a 94. Todas las cohortes presentadas se ubican en este nivel.

Con atención a la hipótesis 1 que anuncia: *“Existen áreas de oportunidad para mejorar las estrategias que afecten la eficiencia académica de las cohortes generacionales de la carrera de ISC del IT Zacatepec-TecNM.”*, se considera aceptada ya que: 1) para la eficiencia terminal una mejora es superar un valor de 48% de egreso en todas sus cohortes para alcanzar el 50% propuesto por el TecNM. 2) para el aprovechamiento de créditos asignados es necesario definir un valor de aceptación para concluir si el 83% de aprobación es aceptable. 3) para el indicador de promedio de egreso se considera que el nivel de “Notable” en todas las cohortes es una meta alcanzada. Con atención a la hipótesis 2 que anuncia: *“Existen diferencias significativas en la eficiencia académica de las cohortes generacionales que ingresan a través de los filtros de ingreso.”*, se considera aceptada ya que: los resultados demuestran que las generaciones que ingresan en los periodos de enero presentan niveles significativamente más bajos de egreso y de aprovechamiento de créditos académicos.

Conclusiones

Con el modelo propuesto se logró obtener los valores para los indicadores para estimar la eficiencia académica de las cohortes generacionales de ISC del IT Zacatepec-TecNM. Así se tiene una base para ajustar las estrategias que representen una mejora continua en la eficiencia terminal. Se determinó que los indicadores eran adecuados; el promedio académico de egreso para estimar el nivel de desempeño en el alcance de las competencias de egreso, el porcentaje de créditos asignados aprobados para estimar el aprovechamiento de los insumos de la gestión reticular, y el porcentaje de egreso para cotejar a la eficiencia terminal. El modelo de obtención de datos para los indicadores consistió en censos de datos para conseguir valores porcentuales en cada uno de los indicadores. Se aplicaron los indicadores en los datos de las cohortes generacionales del periodo de estudio (agosto 2011 hasta enero 2021) para aportar una base histórica del comportamiento de los indicadores para la eficiencia académica.

Se logró dar visibilidad a la integración de los indicadores obtenidos para beneficiar las metas propuestas como mejora continua para la eficiencia terminal. Además, la metodología de este estudio es conveniente para ser replicada en estudios futuros que lo requieran. La hipótesis 1 aceptada propone 2 áreas de oportunidad 1) atender el egreso para que su nivel se incremente, y 2) establecer mejora en los criterios de asignación de créditos en las cargas académicas que incrementen el nivel de aprovechamiento. La hipótesis 2 aceptada refiere a la atención del filtro de ingreso que demuestra incidencias menores en los indicadores en los niveles de

egreso, y aprovechamiento de créditos. Se hace necesario analizar las posibles causas de estos resultados.

Agradecimientos.

Los autores Agradecen al TECnM/Instituto Tecnológico de Zacatepec por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación.

Referencias

- CACEI (2018). *Marco de referencia para la acreditación de programas de ingeniería*. Recuperado de http://cacei.org.mx/docs/marco_ing_2018.pdf
- Rodríguez NK, Gutiérrez MA, Wong OT, et al. (2015). *Eficiencia académica: un indicador del que se requiere conocer más*. EduMeCentro.;7(3):188-194.
- SEP (2011). *Glosario educación superior*. Secretaría de Educación Pública. Recuperado de http://dsia.uv.mx/cuestionario911/material_apoyo/glosario%20911.pdf
- TecNM (2019). *Programa de Desarrollo Institucional PDI 2019-2024*. Tecnológico Nacional de México. Recuperado de www.tecnm.mx
- TecNM (2015). *Manual de lineamientos Académico - Administrativo del Tecnológico Nacional de México*. Octubre, 2015. Recuperado de www.tecnm.mx

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

EJEMPLOS DE LA VIDA COTIDIANA PARA MEJORAR LA COMPREENSIÓN DE LA MATERIA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

C.H.C. Janssen¹

¹*Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México – engineerjanssen@gmail.com*

Área de participación: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS (CB)

Resumen: La transferencia de energía es una de las subdisciplinas de los fenómenos de transporte. Su enseñanza de forma teórica a menudo se percibe como difícil y abstracta. En este trabajo se presentan ejemplos de la vida cotidiana que utilicen la teoría de la transferencia de energía. Estos ejemplos son una hielera portátil para transportar vacunas contra el COVID-19 y la adherencia de un dedo a un cubito de hielo. Además, se discuten dos variantes de estos ejemplos. Estos se eligen para asegurar el reconocimiento por parte del alumnado. Estos ejemplos contribuyen a un mayor interés y comprensión de las teorías tratadas en la transferencia de energía por parte del alumnado.

Introducción.

Los fenómenos de transporte juegan un papel importante en el plan de estudios de la carrera Ingeniería Química. Por lo general, se pueden dividir en tres subdisciplinas: transferencia de momentum, transferencia de energía y transferencia de masa. (Bird *et al.*, 2013) La transferencia de momentum describe fenómenos de flujo, la transferencia de calor se centra en el intercambio de energía térmica y la transferencia de masa se enfoca en la difusión. Algunas universidades optan por enseñar estas subdisciplinas como una sola materia, mientras que otras eligen de impartir cada subdisciplina como un curso individual. La teoría de estos cursos es compleja y una queja recurrente de los estudiantes, se refiere a que los conceptos y aplicaciones son difíciles y abstracta.

Una solución a este problema es utilizar ejemplos de la vida cotidiana. (Janssen, 2020; Jonassen *et al.*, 2006) Esto no solo ayuda a una mejor comprensión de la teoría detrás de los fenómenos de transporte, sino que también puede desencadenar un mayor interés de los estudiantes a los temas de fenómenos de transporte. (El-faragy, 2010)

Los ejemplos discutidos en este artículo provienen de la materia transferencia de energía. En esta materia se enfoca sobre los diferentes tipos de transferencia de calor en los fenómenos de transporte: conducción, convección y radiación. Estos procesos pueden ser constantes en el tiempo, o pueden ser no estacionarios. Además, diferentes tipos de transferencia pueden ocurrir simultáneamente. La combinación de diferentes mecanismos de transporte en un solo problema puede ser especialmente desafiante para los estudiantes que cursan la materia.

El uso de diferentes ejemplos que se pueden encontrar en la vida cotidiana generalmente aumenta el interés del alumnado. El uso de ejemplos que están conectados con su vida cotidiana estimula al alumnado a mantener el interés en el tema y, según nuestra experiencia, los invita a demostrar sus habilidades de ingeniería a colegas de otras disciplinas científicas. En algunos casos, es posible

que también deseen platicar a su familia y amigos acerca de estos ejemplos. Explicarles estos ejemplos de la vida cotidiana aumenta aún más su interés en los temas.

Este artículo trata dos ejemplos de problemas cotidianos relacionados con la transferencia de energía: el uso de balances de calor y paredes multicompuestas se demuestra mediante una hielera para el transporte de vacunas contra el COVID-19, mientras que la transferencia de calor no estacionaria se ilustra mediante la temperatura de contacto cuando se toca un cubito de hielo.

Fundamento Teórico.

La teoría detrás de los dos ejemplos presentados en este artículo se discute en esta sección.

Balances de energía y resistencias de calor en serie

La presentación formal de los balances de energía se puede hacer asumiendo un volumen V [m^3] en el que existe una generación de calor Q [W] y una conducción de calor a través de las paredes con superficie A [m^2]. (Bird et al., 2013). De esta forma la transferencia de energía está representada por un coeficiente de transferencia de calor h [W/m^2K]. El balance estándar en fenómenos de transporte sirve como punto de partida para los estudiantes:

$$\text{acumulación} = \text{entrada} - \text{salida} + \text{producción} \quad (1)$$

Ecuación 1 se puede escribir para una caja simple con elemento de calefacción/refrigeración como:

$$\rho C_p V \frac{dT}{dt} = -hA(T_{\text{objeto}} - T_{\text{alrededores}}) + Q \quad (2)$$

ρ representa la densidad [kg/m^3], C_p el calor específico [$J/kg K$], T la temperatura [$^{\circ}C$ o K] y t el tiempo. Debido a que no hay acumulación de calor en la pared, el perfil de temperatura es lineal y la conducción de calor se puede simplificar como:

$$\phi_h = kA \frac{dt}{dx} = kA \frac{T_{\text{interior}} - T_{\text{exterior}}}{d_{\text{pared}}} \quad (3)$$

Sin embargo, si las paredes están compuestas de diferentes materiales, la transferencia de energía total se puede componer como:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{interior}}} + \sum_i \frac{d_i}{k_i} + \frac{1}{h_{\text{exterior}}} \quad (4)$$

Donde d_i/k_i son las resistencias individuales de las diferentes paredes que componen la pared multicompuesta.

Transferencia de energía no estacionaria

El calentamiento instantáneo durante un tiempo breve se puede describir mediante el siguiente balance (Bird et al., 2013):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (5)$$

Donde α representa la difusividad térmica [m^2/s]. Las condiciones de contorno se pueden definir de la siguiente manera:

$$t = 0 \rightarrow T = T_0 ; \quad t > 0, x = 0 \rightarrow T = T_1 ; \quad t > 0, \lim_{x \rightarrow \infty} T = T_0 \quad (6)$$

La solución de la ecuación diferencial es:

$$\frac{T_1 - T}{T_1 - T_0} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}} e^{-\gamma^2} d\gamma = \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \quad (7)$$

El alumnado percibe esta ecuación como complicada. Sin embargo, el flujo de calor para la transferencia de calor estacionaria durante cortos períodos de tiempo se puede escribir fácilmente como:

$$\dot{Q}''_h = -k \frac{d\left\{\text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right\}}{dt} (T_1 - T_0) = \sqrt{\frac{k \rho C_p}{\pi t}} (T_1 - T_0) \quad (8)$$

Resultados y Discusión.

Los ejemplos prácticos que utilizan la teoría y las ecuaciones mostradas en la sección de teoría fundamental se analizan en este párrafo.

Balances de energía y resistencias de calor en serie

El primer ejemplo se puede ilustrar utilizando como base una hielera de 30x20x20 cm (12 litros). Esta hielera contiene un elemento de enfriamiento eléctrico. La base es el balance de calor dado por la ecuación 2. Como punto de partida, la ecuación se puede simplificar para responder a dos preguntas que son relevantes para el uso de la hielera:

- 1) La capacidad del elemento de enfriamiento durante una situación estacionaria:

$$0 = -hA(T_{\text{objeto}} - T_{\text{alrededores}}) + Q \quad (9)$$

- 2) El tiempo que el contenido de la hielera permanece a una temperatura determinada si las baterías están vacías:

$$\rho C_p V \frac{dT}{dt} = -hA(T - T_{\text{alrededores}}) \quad (10)$$

La primera pregunta es un buen punto de partida para que los alumnos se familiaricen con el ejercicio. No contiene una ecuación diferencial, ya que trata una situación estacionaria. La segunda pregunta también es relevante para el uso diario de la hielera. En algunas situaciones, las baterías del elemento de enfriamiento pueden agotarse y es importante saber cuánto tiempo alguien tiene antes de que el contenido de la hielera alcance una temperatura determinada.

Posteriormente se puede incluir una pregunta más difícil: el tiempo requerido para alcanzar una cierta temperatura mientras el elemento de enfriamiento está en funcionamiento y existe un flujo de calor hacia la caja de enfriamiento. Esto lleva al requisito de resolver una ecuación diferencial no homogénea de primer orden, lo que da como resultado una solución para la ecuación homogénea y una solución particular para la ecuación no homogénea. Debido a las limitaciones de tiempo presentes en los exámenes, esto puede resultar en una situación no ideal. Sin embargo, uno puede considerar proporcionar esta pregunta como un ejercicio de tarea.

En la segunda parte del ejercicio se puede sustituir la pared de la hielera por una que contenga material de aislamiento. Esto lleva a la implementación de la teoría de las paredes multicompuestas. El coeficiente de transferencia de calor total se puede obtener utilizando la ecuación 4 y posteriormente implementarse en la ecuación 2.

El desarrollo de las vacunas COVID-19 proporcionó un excelente ejemplo para el uso de una hielera (ficticia). Algunas vacunas requieren un enfriamiento (fuerte) para seguir siendo efectivas. Esto no solo mostró la relevancia de este ejemplo para un tema muy actual, sino que también se le recordó al alumnado que el final de la pandemia se acercaba (lentamente).

En el ejemplo presentado aquí, los estudiantes realizaron cálculos en una hielera (ficticia) para abrir la posibilidad de transportar vacunas a áreas rurales. La pared constaba de tres materiales diferentes: un material de corcho de 1 cm de espesor ($k = 0.04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) para absorber los golpes que se producen durante el transporte, una capa de aislamiento de 2 cm de espesor ($k = 0.03 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) y una capa exterior de aluminio delgada (resistente) de 2 mm ($k = 237 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). (Duong & Anh, 2021) La superficie total de la pared es de 3200 cm^2 . Para anticipar el peor de los casos, se puede asumir que, con vientos fuertes, el coeficiente de transferencia de calor en el exterior no superará los $150 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. (Li & Ito, 2014) Se supone que la resistencia al calor en el interior es 0.

Estos datos conducen a un coeficiente global de transferencia de calor de $U = 1.08 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pfizer recomienda para su vacuna BioNTech una temperatura de almacenamiento a largo plazo entre $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ y $-60 \text{ }^\circ\text{C}$. (Pfizer y BioNTech, 2021) Si queremos transportar la vacuna a $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ esto implica que a una temperatura ambiente de $30 \text{ }^\circ\text{C}$ la potencia de refrigeración mínima (neta) debería ser de 38.0 W .

Los 38.0 W para la potencia de enfriamiento pueden parecer pequeños para los estudiantes. Es importante recordarles que se trata de una pequeña hielera y además que esta es la potencia neta de refrigeración. No toma en cuenta que un elemento de enfriamiento no tiene una eficiencia del 100%.

La segunda parte de este ejemplo se puede presentar como un problema de falla de energía. La pregunta podría ser sobre el tiempo de almacenamiento después de que el elemento de enfriamiento deja de funcionar y la temperatura aumenta de -80 a -60 grados Celsius. La solución de las ecuaciones 2 y 4 se puede escribir como:

$$\frac{T_1 - T}{T_1 - T_0} = \exp\left(-\frac{UA}{MC_p} t\right) \quad \text{or} \quad t = -\frac{MC_p}{UA} \ln\left(\frac{T_1 - T}{T_1 - T_0}\right) \quad (11)$$

Si la caja de enfriamiento contiene $M = 2$ kg de vacuna con un calor específico de $C_p = 1700$ J/kg K y se desprecia la capacidad calorífica del empaque de la vacuna y de las paredes de la caja, el tiempo disponible para reparar la falla de energía es 1968 segundos o 32 minutos.

En el ejemplo que se presenta aquí, se utilizó una hielera (ficticia) para transportar las vacunas contra el COVID a zonas rurales. Este tema fue particularmente relevante en 2021 y en 2022 con el desarrollo y administración de las vacunas. Sin embargo, se pueden llevar a cabo pequeñas modificaciones a este ejemplo. En muchos mercados de México se utilizan hieleras portátiles para almacenar alimentos, que se venden durante el día. Aunque en muchos casos se usan bloques de hielo para enfriar, los estudiantes definitivamente reconocerán estas hieleras portátiles. En particular, las temperaturas a las que se almacenan y perecen los alimentos son muy diferentes del ejemplo de la vacuna COVID. Se podría, por ejemplo, utilizar una temperatura de 5 °C para almacenar los alimentos y una temperatura perecedera de 12 °C.

Las mismas dos preguntas anteriores que usan las ecuaciones 9 y 10 se pueden volver a hacer: la capacidad del elemento de enfriamiento y el tiempo requerido para que la temperatura del contenido dentro de la hielera alcance una cierta temperatura. Dado que el flujo de calor se ve alterado, los alumnos pueden comparar los efectos del uso de material de aislamiento.

Puede ser necesario un descargo de responsabilidad para evitar cualquier problema posterior. Los estudiantes pueden tomar estos ejemplos literalmente y una institución educativa no debe ser responsable de ningún daño causado por ejercicios utilizados en sus cursos. Este descargo de responsabilidad también estuvo presente en el ejercicio que describía una hielera (ficticia) para transportar vacunas a zonas rurales.

Estos ejemplos también pueden presentar un primer paso en la aplicación de la teoría que aprendieron a la ingeniería de productos y procesos. Como se desprende de los nombres, uno se enfoca en el desarrollo de un producto, mientras que el otro se enfoca más en el desarrollo de un proceso. Los ejemplos presentados ayudan en la formación del estudiante. El uso de estos contribuye ya cómo se puede utilizar la teoría en una etapa posterior del plan de estudios.

Transferencia de calor no estacionaria

El ejemplo de la transferencia de calor estacionaria se refiere al flujo de calor entre un objeto cálido y otro frío. Es un hecho conocido, cuando se prepara una bebida y se saca cubitos de hielo del congelador con las manos mojadas, los cubitos pueden pegarse a las manos durante un tiempo determinado. Esto implica que la temperatura de contacto entre la mano y el hielo T_c es inferior a 0 °C. Queremos saber la temperatura de los cubitos de hielo a la que se ocurre este fenómeno. Los efectos de transferencia de calor tanto en el dedo como en los cubitos de hielo

deben ser considerados para calcular la temperatura de contacto. El calor que fluye desde el dedo (subíndice d) se describe mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}''_{h,f} = \sqrt{\frac{k_d \rho_d c_{p,d}}{\pi t}} (T_d - T_c) \quad (12)$$

De manera similar, el flujo de calor hacia el cubo de hielo (índice h) se puede escribir como:

$$\dot{Q}''_{h,i} = \sqrt{\frac{k_h \rho_h c_{p,h}}{\pi t}} (T_c - T_h) \quad (13)$$

Debido a que tanto los flujos de calor como los tiempos de contacto son iguales, las ecuaciones 12 y 13 deben ser iguales entre sí. A partir de esto se puede obtener la siguiente ecuación:

$$\frac{T_f - T_c}{T_c - T_i} = \sqrt{\frac{k_i \rho_i c_{p,i}}{k_f \rho_f c_{p,f}}} \quad (14)$$

La conductividad térmica, la densidad y el calor específico para el hielo son respectivamente 2180 W/m·K, 917 kg/m³ y 2103 J/kg·K y para el dedo (tejido perpendicular a la fibra) 0.49 W/m·K, 1068 kg/m³ y 2700 J/kg K. (Fukusako, 1990; Taherian & Karimi, 2008) Si consideramos que la temperatura de contacto es de 0°C y la temperatura dentro del dedo de 37°C, se puede calcular que los cubitos de hielo se pegarán a los dedos mojados en caso de la temperatura del congelador era de -21.4°C o inferior.

Una conclusión interesante se deriva de la ecuación 14: la temperatura de contacto no es una función del tiempo. Esto significa que inicialmente esta temperatura será constante y solo comenzará a cambiar después de que termine el tiempo de contacto inicial. Además, no importa cuánto tiempo sea el contacto inicial, el dedo mojado se adherirá instantáneamente al cubo de hielo. Algunos estudiantes pueden tener dificultades para resolver el problema porque no se da el tiempo de contacto en el ejercicio. Sin embargo, este ejemplo particular muestra a los estudiantes que en los fenómenos de transporte no necesariamente se requieren conocer todos los parámetros.

Una variante a este ejemplo puede ser la adherencia de la lengua a un helado (de agua). En el caso del helado con base en agua, los parámetros pueden ser muy similares a los del cubito de hielo. Las propiedades termofísicas para el helado con base en crema pueden ser ligeramente diferentes al helado con base en agua. Lo mismo aplica también al tejido de la lengua.

Ambas variantes pueden ser familiares para el alumnado, en particular la última. Si el congelador se ajusta a una temperatura lo suficientemente fría, la temperatura del helado alcanza una temperatura en donde la lengua se adherirá al helado. Esto probablemente les haya sucedido a algunos de los estudiantes, o al menos a un familiar o amigo.

Conclusiones.

En este trabajo se usaron ejemplos de la vida cotidiana para crear una mejor comprensión de la teoría detrás de la transferencia de calor. Un ejemplo se centró en una hielera para transportar vacunas COVID-19 a áreas rurales y una nueva variante para usar con alimentos perecederos. El otro ejemplo destaca la adherencia de un dedo (mojado) a un cubo de hielo y una variante de la lengua adherida a un helado.

Ambos ejemplos crean una conexión tangible entre parte de la teoría tratada en el curso de transferencia de calor y ejemplos de la vida cotidiana. Esto ayuda a una mejor comprensión por parte del alumnado de la teoría que a menudo se percibe como difícil y abstracta.

En particular, la hielera presentada en este artículo también se puede utilizar como un primer paso en la siguiente etapa del estudio de ingeniería química. Independientemente de si el enfoque está en la ingeniería de productos o procesos, estos también se pueden presentar como pequeños proyectos en donde los estudiantes diseñan una hielera desde el inicio.

El uso de tales ejemplos puede contribuir a aumentar el interés y el entusiasmo del alumnado. También da un gran incentivo para explicar a sus familiares y amigos lo que aprenden en Ingeniería Química. Esto, a su vez, ayuda a mejorar la comprensión de la teoría de la transferencia de energía.

Agradecimientos.

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT IN108523.

Referencias.

- Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2013). *Transport Phenomena*. John Wiley & Sons.
- Duong, L., & Anh, H. (2021). *An overview of factors influencing thermal conductivity of building insulation materials*. 44. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102604>
- El-farargy, N. (2010). The views, attitudes and learning style preferences of Higher National Chemical Engineering students. *Education for Chemical Engineers*, 5(4), e55–e71. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2010.07.001>
- Fukusako, S. (1990). Thermophysical Properties of Ice, Snow, and Sea. *International Journal of Thermophysics*, 11(2).
- Janssen, C. H. C. (2020). El aula invertida en tiempos del COVID-19. *Educación Química*, 31(5), 173. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.5.77288>
- Jonassen, D., Strobel, J., & Lee, C. B. (2006). Everyday Problem Solving in Engineering: *Journal of Engineering Education*, 95(2), 139–151.
- Li, C., & Ito, K. (2014). Journal of Wind Engineering Numerical and experimental estimation of convective heat transfer coefficient of human body under strong forced convective flow. *Jnl. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 126, 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2014.01.003>
- Pfizer and BioNTech Submit COVID-19 Vaccine Stability Data at Standard Freezer Temperature to the U.S. FDA. (2021). <https://www.pfizer.com/news/press-release/press-release-detail/pfizer-and-biontech-submit-covid-19-vaccine-stability-data>
- Taherian, A. R., & Karimi, Y. (2008). *Thermophysical properties of processed meat and poultry*

products. 88, 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.016>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

APLICACIÓN DE MODELO DE PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MAESTRO-ESCLAVO CON PLC MODICOM M211 SCHNEIDER ELECTRIC

Brandon Zapotitla R¹, J. Alfonso Santana C.¹ J. Efraín Ruiz R.¹ y J. Rodolfo Salas O¹.

¹ Departamento de Metal Mecánica Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27. Zacatepec, Morelos. C.P. 62780,
L16090666@zacatepec.tecnm.mx, jesus.so@zacatepec.tecnm.mx,
jose.rr@zacatepec.tecnm.mx, jose.sc@zacatepec.tecnm.mx.

Área de participación: SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS (IEM)

Resumen La Manufactura a nivel industrial está evolucionando de acuerdo con la aplicación de la Tecnología en los procesos productivos, la denominada Industria 4.0 involucra ya el uso de los Controladores Lógicos Programables para la automatización de procesos secuenciales y repetitivos, esta nueva fase de la Revolución Industrial se enfoca a tener interconectividad y monitoreo en tiempo real de los esquemas automáticos, el presente trabajo es el resultado experimental de la realización de conexión en red a través de PLC's bajo el protocolo de comunicación indicado. En la actualidad en el mercado existen una variedad de marcas de autómatas programables para lograr este fin, en este caso se aplicó con PLC marca Schneider Electric modelo compacto TMM221CE16R, con conector RJ45 a Ethernet con 9 entradas digitales y 7 salidas a Relé. Modbus es un protocolo de comunicación industrial abierto basado en arquitectura Maestro-Esclavo diseñado para la gama de controladores Modicon, lo cual permite la transferencia de datos entre dispositivos conectados a través de una red. La operatividad consiste en que el controlador Maestro realiza una petición al controlador Esclavo el cual da una respuesta, de acuerdo con el esquema de control. En la industria se usa este tipo de protocolo ya que la mayoría de los dispositivos electrónicos cuentan con el puerto Ethernet lo que facilita la conexión física y puede utilizarse para grandes distancias. Por otro lado, existen diferentes protocolos de comunicación, pero uno de los más prácticos de utilizar es el protocolo de comunicación Modbus TCP (Protocolo de control de transmisión).

Introducción

Las áreas de oportunidad en cuestión de fortalecer el proceso enseñanza aprendizaje, ha orillado a tener actividad de auto equipamiento por parte de los estudiantes y catedráticos, la interconectividad a través de redes con lleva a adoptar o experimentar los protocolos de comunicación industrial Modbus basado en arquitectura Maestro-Esclavo, por medio del puerto Ethernet entre dos controladores conectados a la PC, permite la programación de este método para poder enviar y recibir datos. Con la ayuda de la IP, que son como etiquetas binarias que identifican, de manera lógica y jerárquica, a una interfaz de un dispositivo de comunicaciones, a través del cual dicho dispositivo se conecta a una subred IP. (Mateo Martin) .

El protocolo de comunicación Modbus TCP (Transmission Control Protocol): Ofrece un servicio orientado a la conexión y cumple perfectamente con los requisitos de fiabilidad (Matias Mauriño et al., 2014). El protocolo de comunicación permite al controlador Maestro realizar una petición al controlador Esclavo el cual envía una respuesta, por lo que em el software EcoStruxure Machine Expert-Basic se puede observar dicha operación (Basic, 2017). Un ejemplo básico es el arranque y paro de

un motor controlado por los dos controladores desde dos diferentes lugares por medio del protocolo de comunicación Maestro-Esclavo.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Antecedentes

El uso de protocolos de comunicación industrial ha evolucionado de tal forma que hoy en día ya existe un gran número cada uno con sus ventajas y desventajas. Se pretende realizar la comunicación de dos controladores de la marca Schneider Electric por medio del protocolo de comunicación Modbus TCP (Basic, 2017). El diseño del diagrama debe ser fácil de interpretar para poder realizar las conexiones correctamente, evitando algún daño al controlador (Parra Mateo, 2020). El desarrollo del diagrama permite que el controlador maestro pueda leer los datos de respuesta del controlador esclavo.

Diagrama de programación

Modbus es un protocolo de comunicación maestro-esclavo, a continuación, se presenta como se debe realizar la programación. En la Figura 1 se muestra la creación de dos pantallas del software, una de ellas será la pantalla maestra y la otra será el esclavo.

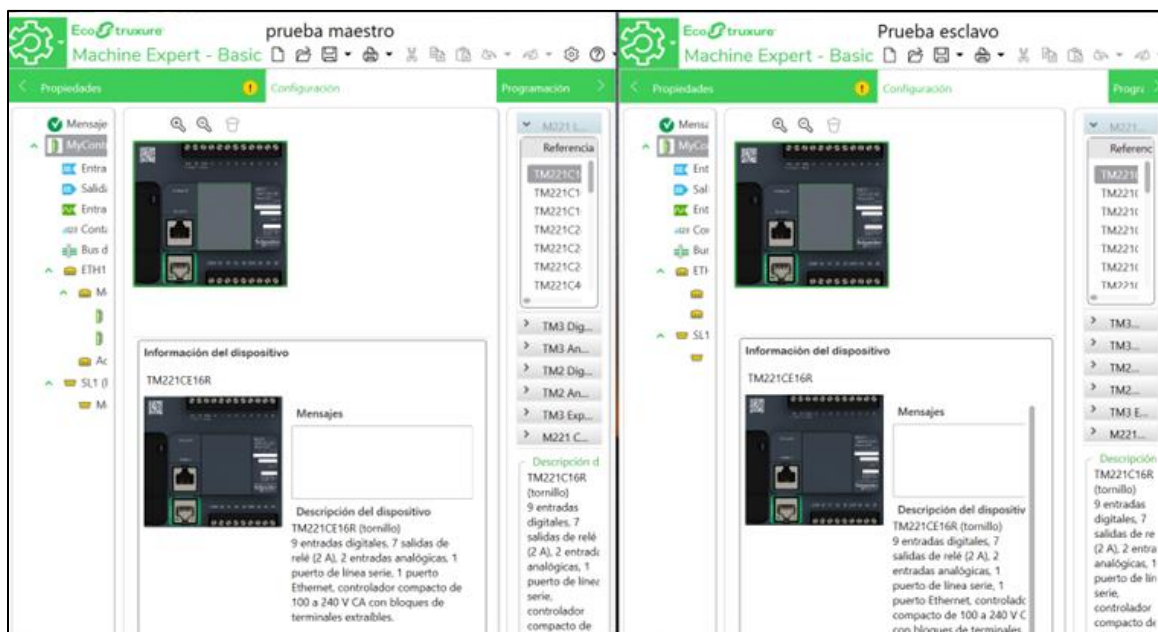


Figura 1 Creación de 2 Pantallas Maestro-Esclavo.

La configuración de la pantalla maestra se muestra en la Figura 2 y en la Figura 3, se configura el puerto ethernet, colocando la IP del controlador esclavo.



Figura 2 Apartado Modbus TCP.

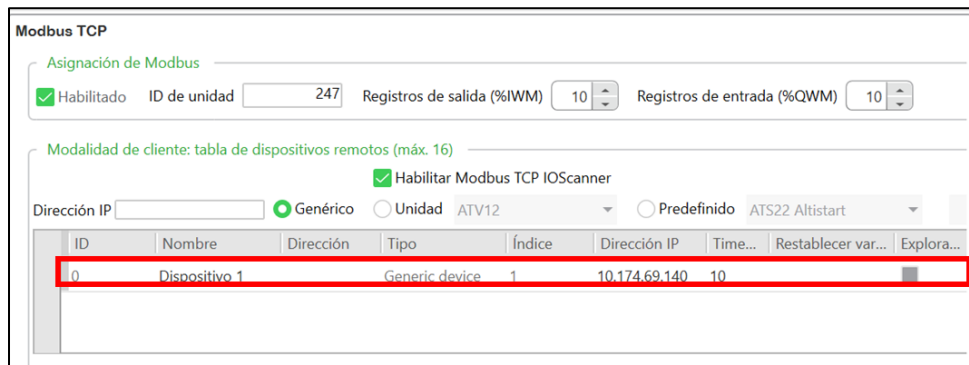


Figura 3 Configuración de la IP del Controlador Esclavo.

La función Read Var en la plataforma del software, es la configuración de la comunicación con el controlador denominado esclavo, aplicando el uso del puerto Ethernet y el ID del número del controlador al que se desea leer la información, es decir se elabora una pequeña red, donde se intercambia información para la operación del protocolo (ver Figura 4).

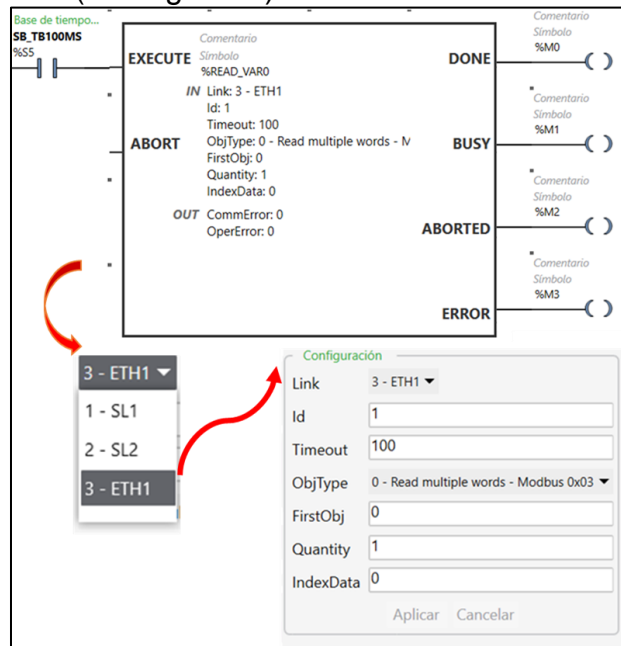


Figura 4 Configuración de Read Var.

El controlador esclavo solo se programará para enviar la señal al controlador maestro, en la Figura 5 se muestra el programa de las 2 entradas que son: arranque y paro.

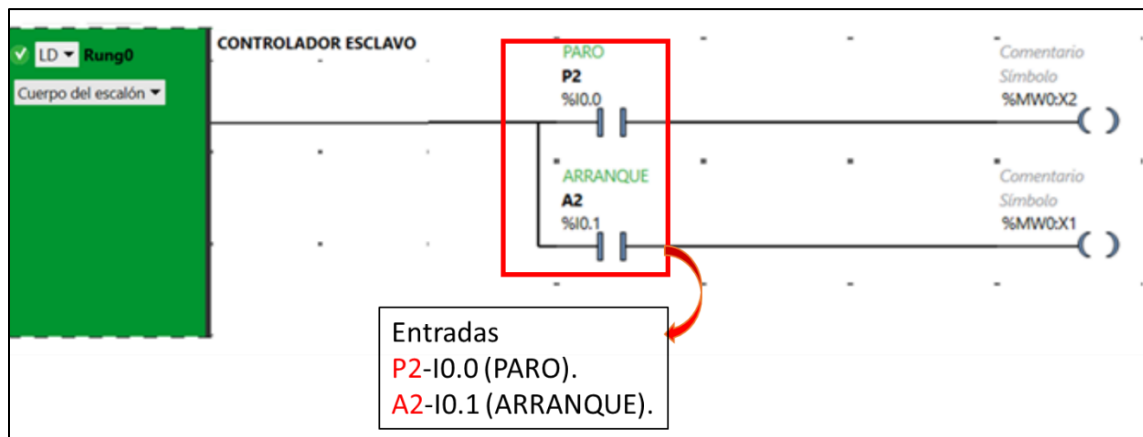


Figura 5 Programación del Controlador Esclavo.

En el programa del controlador maestro, la programación se divide en 3 secciones o bloques: sección 1, que es el programa de las entradas del controlador maestro, (Figura 6), la sección 2 es el programa para recibir las señales del controlador esclavo, (Figura 7), la sección 3 es la programación de la salida para encender y apagar el motor.

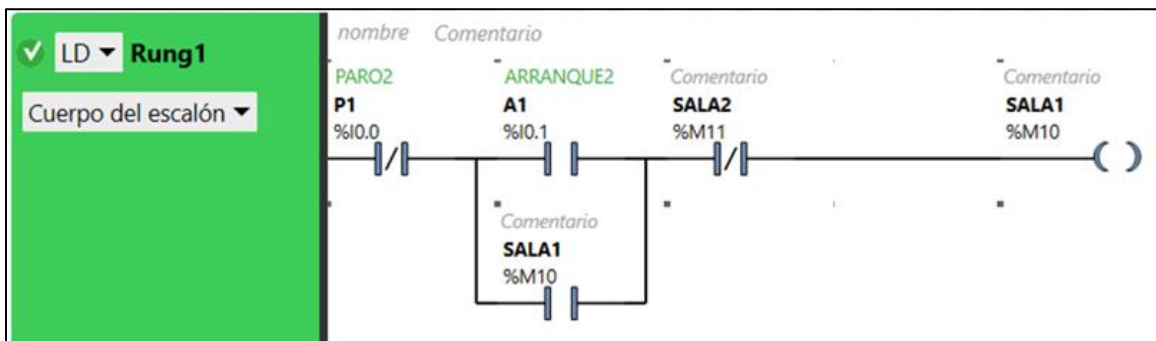


Figura 6 Bloque 1 de la Programación Maestro-Esclavo.

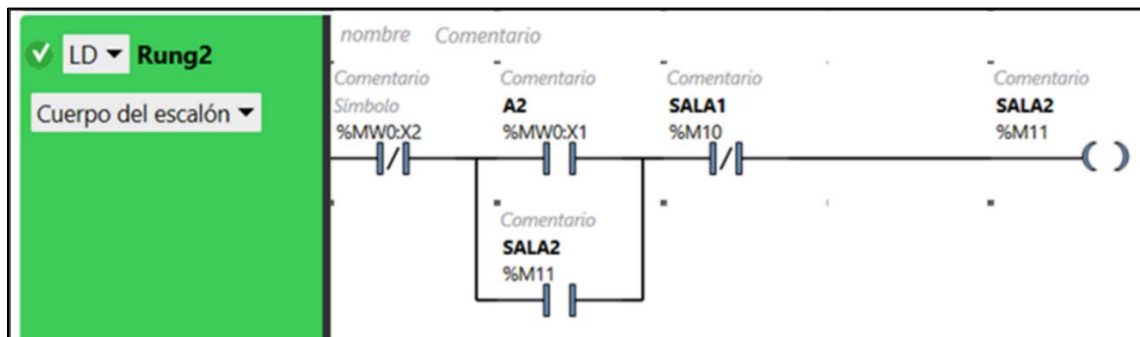


Figura 7 Bloque 2 de la programación maestro-esclavo.

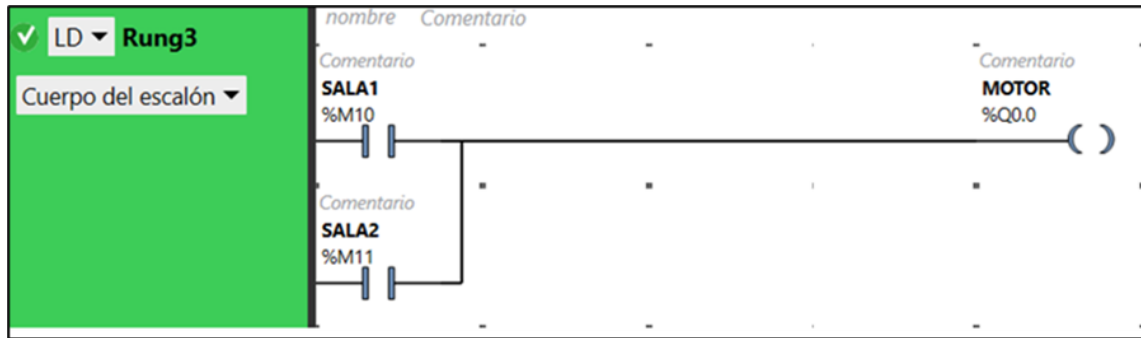


Figura 8 Bloque 3 de la Programación Maestro-Eslavo.

Por cuestiones de formalizar una memoria técnica, se sugiere elaborar una tabla de direccionamiento de entradas y salidas que van y vienen del autómata programable, con el fin de tener un orden en caso de monitoreo y visualización de fallas, en la siguiente tabla se muestra el direccionamiento de entradas y salidas.

Tabla 1 Direccionamiento de Entradas y Salidas Maestro-Eslavo.

Direccionamiento	Simbología	Descripción
P1	%I0.0	Botón de paro sala 1
A1	%I0.1	Botón de inicio sala 1
P2	%I0.0	Botón de paro sala 2
A2	%I0.1	Botón de inicio sala 2
SALA 1	%M10	Bits de memoria
SALA 2	%M11	Bits de memoria
MOTOR	%Q0.0	Bobina
	%MW0:X2	Palabras de memoria
	%MW0:X1	Palabras de memoria

En la Figura 9 se muestra un diagrama de conexión maestro-esclavo por medio del protocolo TCP.

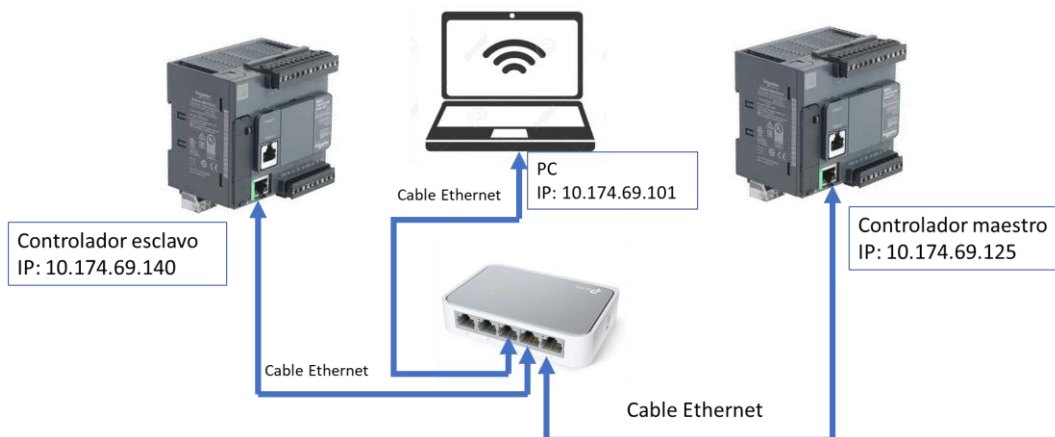


Figura 9 Diagrama de Conexión Maestro-Eslavo.

Resultados y Discusión.

El desarrollo de este trabajo es a iniciativa de diseñar tableros didácticos para fortalecer el aprendizaje en las asignaturas de automatización en el plan educativo de Ingeniería Electromecánica, en las siguientes figuras se muestra el funcionamiento del programa maestro-esclavo en funcionamiento, del lado derecho tenemos el controlador maestro y del lado izquierdo el controlador esclavo. La programación consiste en poder controlar un motor o luz piloto desde los 2 controladores, cada controlador tiene un botón de paro y de arranque, pero solo el controlador maestro es el que activa la salida a relevador (Q0.0); comentar que este trabajo se presentó en la Expo electromecánica versión agosto diciembre 2022, obteniendo el primer lugar de esta edición, con la versatilidad y funcionalidad del proyecto, haciendo énfasis en la aplicación maestro esclavo.

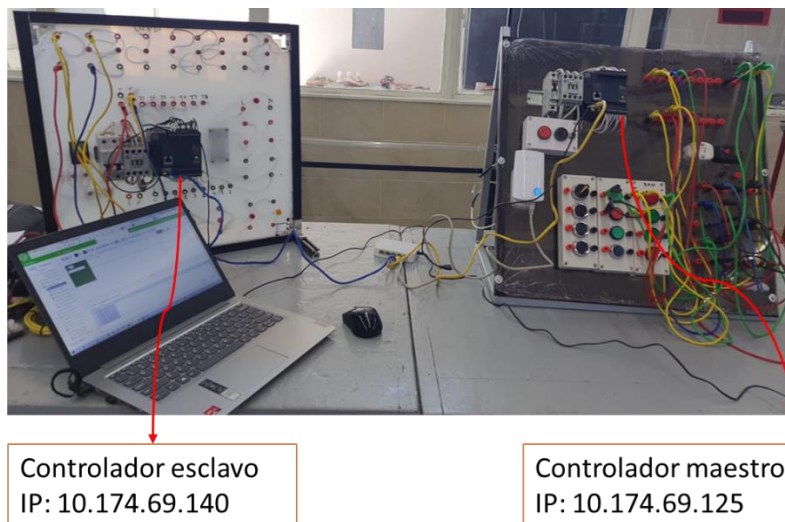


Figura 10 Puesta en Funcionamiento del Protocolo TCP.

Conclusiones

La aplicación de protocolos de comunicación relativamente es sencillo y fácil de operar, la condición limitada que se tiene en laboratorio en cuestión de número de PLC's y tecnología de punta es un área de oportunidad para ir fortaleciendo el proceso de enseñanza aprendizaje, en cuestión de Redes Industriales a través de autómatas Programable. En este ejercicio se logró la interconexión con el protocolo de comunicación Modbus con la arquitectura Maestro-Esclavo utilizado en este ejercicio de control de arranque y paro de un motor con la ayuda del software EcoStruxure Machine Expert-Basic que permite observar en tipo real lo que está sucediendo con estos dos controladores.

Se logra la comunicación en red con el protocolo de comunicación indicado con aplicación experimental en sistemas de arranque con motores eléctricos, en el área de electroneumática y electrohidráulica.

El extenso de este proyecto se anexa una serie de prácticas de aplicación con el diseño obtenido didáctico.

Bibliografía

- Basic, S. (Diciembre de 2017). *SoMachine Basic Guía de funcionamiento*. www.schneider-electric.com.
- Ingemécanica. (s.f.). *Sistemas Hidráulicos de Transmisión de Potencia*. Retrieved 22 de Junio de 2021, from Ingemécanica: https://www.google.de/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fingemecanica.com%2Ftutorialesemana%2Ftutorialn212.html&psig=AOvVaw2x7Ris_uyk3XDPTZlhu8-&ust=1624469247928000&source=images&cd=vfe&ved=0CAcQjRxqFwoTCOCN9Ovhq_ECFQAAAAAdAAAAABAG
- Mateo Martín, F. (s.f.). *Estandarización en la programación del control industrial*. isa.uniovi.es/~felipe/files/infidll/documentos/iec1131-3%20espa%F1ol%20(1).pdf
- Matias Mauriño, N., Nahuel Ponce, L., y Ezequiel Salinas, J. (18 de Noviembre de 2014). *PLC: Controlador Lógico Programable*. Retrieved 18 de Junio de 2021, from <http://controladoreslogicosprogramables.blogspot.com/p/historia.html#:~:text=En%201969%20la%20Divisi%C3%B3n%20Hydrumatic,en%20sus%20l%C3%ADneas%20de%20producci%C3%B3n>.
- Neumática*. (20 de Marzo de 2017). Retrieved 22 de Junio de 2021, from El sistema neumático básico: <http://et4113neumatica.blogspot.com/2017/03/el-sistema-neumatico-basico-los.html>
- Parra Mateo, V. D. (13 de Octubre de 2020). *LOS ORIGENOS DEL PLC*. <https://www.mytips.es/los-origenes-del-plc/#:~:text=El%20MODICON%20084%20fue%20el%20primer%20PLC%20del,programable%20y%20que%20se%20llamó%2C%20como%20no%2C%20MODICON>.
- Plancarte Oliva, J. R. (6 de Septiembre de 2013). *Válvulas de Vías Neumáticas e Hidráulicas*. Válvulas Neumaticas: <http://iem-chn.blogspot.com/2013/09/24-valvulas-de-vias-neumaticas-e.html>
- Teacherke. (s.f.). *Introducción a la Automatización*. <file:///D:/TESIS/Tesis/REFERENCIAS/01.%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20automatizaci%C3%B3n%20Autor%20Teacherke.pdf>
- Werner, D. W. (1993). *Neumática Manual de Estudio Nivel Básico*. Esslingen Alemania: FESTO DIDACTIC.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

GENERACIÓN Y AMPLIFICACIÓN DE ONDAS TERAHERTZ POR FONONES ÓPTICOS EN UN SEMICONDUCTOR TIPO $n - InSb$

C. Castrejon-M.¹, V. Grymaslky², S. Koshevaya³

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México- christian.cm@zacatepec.tecnm.mx,^{2,3}Centro de Investigación en Ingeniería y ciencias Aplicadas (CIICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C. P. 62209, Cuernavaca, Morelos, México- v_grimalsky@uaem.mx svetlana@uaem.mx

Área de participación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS (IEM).

Resumen: El rango intermedio del espectro electromagnético, entre las ondas milimétricas y las ópticas, es decir, en el rango de Terahertz [THz] se utiliza en los diferentes campos de la ciencia, la tecnología y la medicina. La radiación Terahertz no es muy compatible con los dispositivos clásicos de ondas electromagnéticas [EM] milimétricas. Por lo tanto, se busca por otros medios la compatibilidad de dispositivos de microondas comunes. Una alternativa puede ser el método de amplificación de ondas EM por el método de polinomio en nuevos materiales como el antimonuro de indio [$n - InSb$] en base a su alta velocidad de los electrones (5×10^5 m/s) y su permitividad efectiva negativa. Los parámetros utilizados en este semiconductor fueron la densidad efectiva de la banda de conducción y de su banda de valencia, concentración intrínseca, masa efectiva, temperatura; entre otros para poder lograr la inestabilidad del semiconductor en la generación y amplificación de la onda EM por medio de fonones ópticos, alcanzando una amplificación de microondas a terahertz. La radiación Terahertz aún es casi ignorada a diferencias de otras regiones del espectro electromagnético, es por eso, que se busca un enlace entre esas bandas utilizando dispositivos semiconductores generen y amplifiquen las ondas EM de THz por medio de las vibraciones de fonones ópticos.

Palabras claves: Fonones ópticos, Terahertz, Espectro electromagnético, semiconductores, $n-InSb$.

Introducción.

Se puede obtener una onda de fonones ópticos en rango de Terahertz, obtenidas en un cristal semiconductor de antimonuro de indio tipo n , $n - InSb$. Se pueden realizar diversas inestabilidades en el cristal semiconductor para la generación y amplificación de ondas en radiación Terahertz.

La región de los Terahertz es prácticamente ignorada del espectro electromagnético y se localiza entre el rango de la fotónica y la electrónica, Fig. 1. Las ondas electromagnéticas de terahertz pueden "ver" más luz que los humanos.

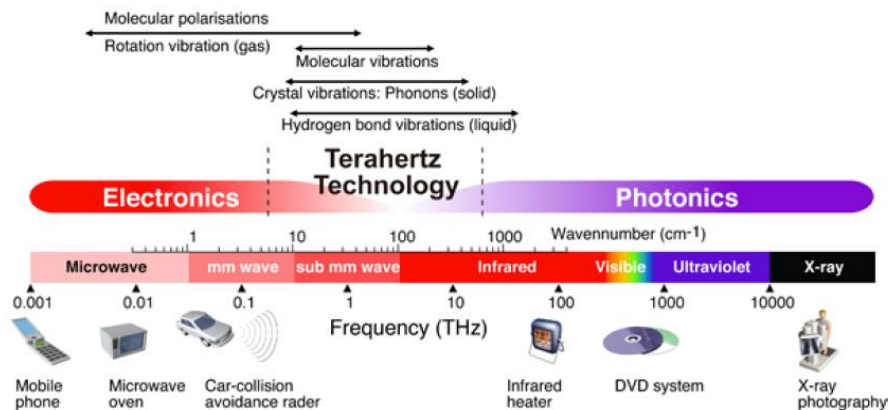


Fig. 1. Banda prohibida Terahertz que se localiza entra la banda de microondas y la banda del infrarrojo. Así, también algunos materiales dieléctricos que responde a la frecuencia de terahertz. (Proc. of SPIE Vol. 7391 73910D-5).

Los materiales emiten una cierta cantidad de radiación electromagnética a frecuencia de Terahertz de forma natural. A diferencia del calor o la luz, las ondas electromagnéticas de esas frecuencias sí pueden traspasar -como el radar- algunos objetos opacos. Al igual que con la luz, se puede focalizar la radiación y crear imágenes como si el material que oculta el objeto observado fuera transparente.

La tecnología Terahertz ha contribuido a la tecnología actual como el telégrafo, la radio, los rayos X, computadoras, teléfonos celulares, medicina y resonancias magnéticas, que han definido nuestro tiempo actual. Algunas aplicaciones potenciales están en: seguridad, medicina, comunicaciones y control de calidad.

El antimonuro de indio $n - InSb$, es un semiconductor no lineal a partir de los elementos de indio (In) y antimonio (Sb). El antimonuro de indio es un semiconductor no lineal del grupo III-V de la tabla periódica. Su aplicación es utilizada en detectores de infrarrojos, incluyendo cámaras térmicas, sistemas de orientación infrarroja de misiles y en la astronomía infrarroja. Los sensores ópticos de $n-InSb$, son sensibles a las longitudes de onda EM de $1.5 \mu m$. Otra aplicación de este semiconductor puede ser utilizado como una fuente de radiación THz.

El $n - InSb$ es un semiconductor con una banda prohibida de $0.17 eV$ a una temperatura de $300 K$ y de $0.23 eV$ a una temperatura de $80 K$.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Por medio de simulación numérica se logra la generación y amplificación de ondas electromagnéticas por medio de fonones ópticos en el radiación de Terahertz con polarizaciones diferentes en su estructura cristalina del semiconductor tipo n del $n - InSb$. Se propone una simulación numérica de generación y amplificación de los fonones ópticos por medio de las inestabilidades absolutas e infinitas por un método hidrodinámico con un polinomio. con una constante de red $0.648 nm$.

Sin dopaje, el semiconductor de $n - InSb$ posee la mayor movilidad de electrones a temperatura ambiente ($78 * 10^3 \frac{cm}{V*s}$), la velocidad de los electrones de deriva, y la longitud balística (de hasta $0.7 \mu m$ a $300 K$).

Un fonón, es una cuasi partícula o modo cuantizado de vibración que tiene lugar en redes cristalinas como la red atómica de un sólido.

Los fonones pueden ser acústicos y ópticos. Los fonones acústicos tienen frecuencias que se convierten en pequeñas longitudes de onda larga, y corresponden a las ondas sonoras en la red cristalina. Los fonones acústicos pueden ser longitudinales y transversales, respectivamente. Los fonones ópticos, surgen en los cristales con más de un átomo de la red cristalina, siempre tienen cierta frecuencia mínima de vibración, aun cuando su longitud de onda es muy grande. Los fonones ópticos se originan debido a los cristales iónicos (como el cloruro de sodio), estos cristales iónicos se excitan rápidamente por la radiación infrarroja del espectro electromagnético.

La inestabilidad absoluta, que es la generación de fonones ópticos, Fig. 2., es cuando la señal aumenta en espacio y tiempo $\sim e^{i(\omega't-kz)}e^{-\omega''t}$, donde la condición para realizar la inestabilidad absoluta debe ser:

- 1.- $\omega'' < 0$
- 2.- k debe ser real
- 3.- $\omega = \omega' + i\omega''$

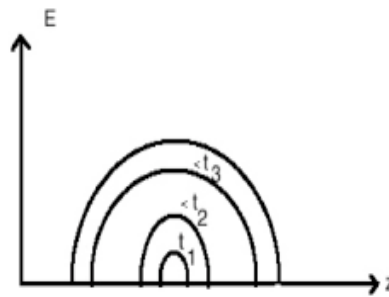


Fig. 2. Inestabilidad absoluta de la generación de fonones, donde la señal aumenta en espacio y tiempo.

La señal $\epsilon \sim e^{i(\omega't-kz)}$ genera la respuesta que tiene su característica por una permitividad efectiva, que incluye las ondas cristalinas que se llaman: fonones.

$$D(\omega, k) = \epsilon_{eff}(\omega, k) = \epsilon_{\infty} + \frac{\omega_d^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega} - \frac{\omega_P^2}{(\omega - kV_0 - iv) - V_T^2 k^2} = 0 \quad (ec.1)$$

La ecuación de dispersión (ec. 1) es para analizar la inestabilidad absoluta, en donde ϵ_{eff} es la permitividad efectiva de los fonones y los electrones en el cristal de $n - InSb$. La meta es obtener la inestabilidad absoluta mediante el calculo de raíces complejas para la onda infinita.

La inestabilidad convectiva, que es la amplificación de fonones ópticos, Fig. 3., la señal aumenta en el espacio y se mueve $\sim e^{i(\omega t - k'z)} e^{k''z}$. La condición para realizar la inestabilidad convectiva debe ser:

- 1.- $k'' > 0$
- 2.- ω debe ser real
- 3.- $k = k' + ik''$

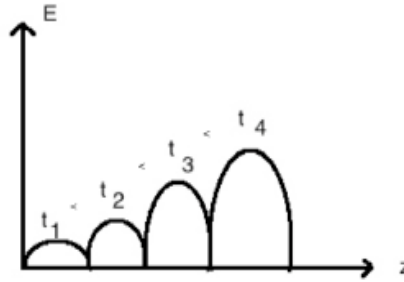


Fig. 3. Inestabilidad absoluta de la generación de fonones, donde la señal aumenta en espacio y se mueve.

La señal obtenida genera la inestabilidad en la amplificación de la onda infinita del $n - InSb$ por fonones ópticos.

$$D(\omega, k) = k^2 - \frac{2kV_0}{V_T^2} (\omega - \frac{iv}{2}) - \frac{1}{V_0^2 - V_T^2} \left\{ \frac{\omega_p^2}{\epsilon_\infty - \frac{\omega_d^2}{\omega^2 - \omega_0^2 - i\gamma\omega}} - \omega(\omega - iv) \right\} = 0 \quad (\text{Ec. 2})$$

La ecuación de dispersión (ec. 2) es para calcular la inestabilidad convectiva. La meta es obtener la inestabilidad convectiva mediante la obtención de sus raíces complejas.

Resultados y Discusión.

Consideremos el caso de un cristal de $n - InSb$. De la ecuación de las inestabilidades, Ec. 4. Se puede lograr las inestabilidades del semiconductor de $n - InSb$ a una temperatura de $40 - 80 \text{ K}$. Tomando en cuenta los parámetros del $n - InSb$ como $\epsilon_0 = 17.1$; velocidad de las colisiones $V_0 = 5 \times 10^5 \text{ m/s}$; masa efectiva del $InSb$ $m^* = 0.014m_e$; masa del electrón $m_e = 9.1093 \times 10^{-31} \text{ Kg}$; carga del electrón $e = 1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$; constante dieléctrica $\epsilon_0 = 8.86 \times 10^{-12} \text{ F/m}$; constante de Boltzman $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$; numero de colisiones $n_0 = 1 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$; velocidad de la luz $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; fonon longitudinal $\omega_L = \omega = 3.71715 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$; fonon transversal óptico $\omega_0 = \omega_T = 3.4815 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$; la permitividad efectiva de la red cristalina; frecuencia dipolar; frecuencia de las colisiones; velocidad térmica; vector de onda $k = 1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$; disipación de los fonones ópticos $\gamma = 0.01\omega_0$ y frecuencia de plasma.

Para encontrar las inestabilidades en la ecuación de dispersión tenemos que: k es real de, pero $\omega = \omega + i\omega''$ debe ser compleja, entonces para z usamos Fourier, para la transformada de LaPlace, ec. 3, esta esta ecuación acomodamos los coeficientes

para obtener un polinomio de 4º grado de la manera equivalente $\omega^4 + a_1\omega^3 + a_2\omega^2 + a_3\omega + a_4 = 0$.

$$\epsilon_{oc} + \frac{\omega_d^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega} - \frac{\omega_p^2}{(\omega - kV_0)(\omega - kV_0 - iv) - V_T^2 k^2} = 0 \quad (\text{ec. 3})$$

Sustituyendo los parámetros del $n - InSb$ y haciendo las operaciones correspondientes en las ecuaciones de los parámetros de la inestabilidad absoluta de la generación de los fonones, obtenemos la siguiente grafica de la Fig. 5 obtenida de un polinomio de 4º grado, donde se obtienen las inestabilidades $\omega = \omega' + i\omega''$ que debe de ser compleja y menor a 0, en donde ahí se encuentran las inestabilidades que se buscan.

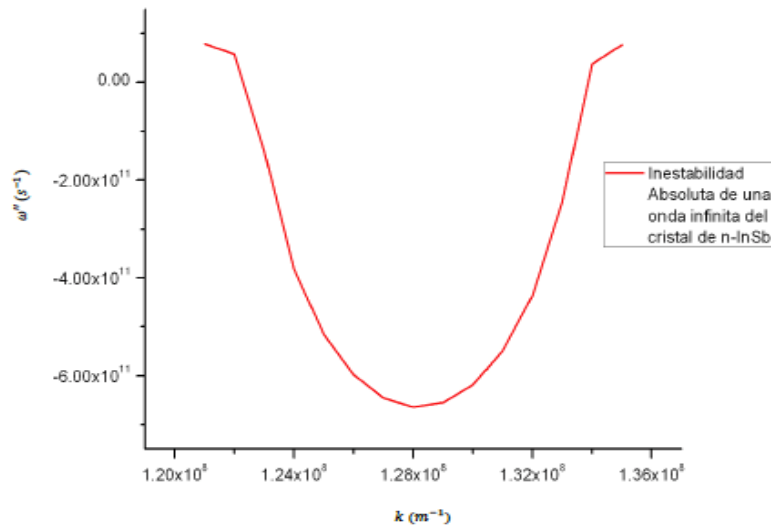


Fig. 4. Generación de fonones ópticos en una infinita en el cristal de $n - InSb$.

Para la inestabilidad convectiva se obtienen las raíces complejas de k , donde $k'' > 0$. Mediante el calculo de las raíces complejas de la forma $k + ik''$ sustituyendo los parámetros del $n - InSb$. Realizando las operaciones correspondientes y agrupando los coeficientes en forma de un polinomio de 2º grado, tenemos como $D(\omega, k'' = qk^2 - rq - g = 0)$. Se consideran los valores de la parte real de $\omega'' < 0$ encontrados en la inestabilidad absoluta y dejamos a k como incógnita. Las raíces complejas que necesitamos de k , deben de ser mayor a cero para localizar las inestabilidades, Fig. 5.

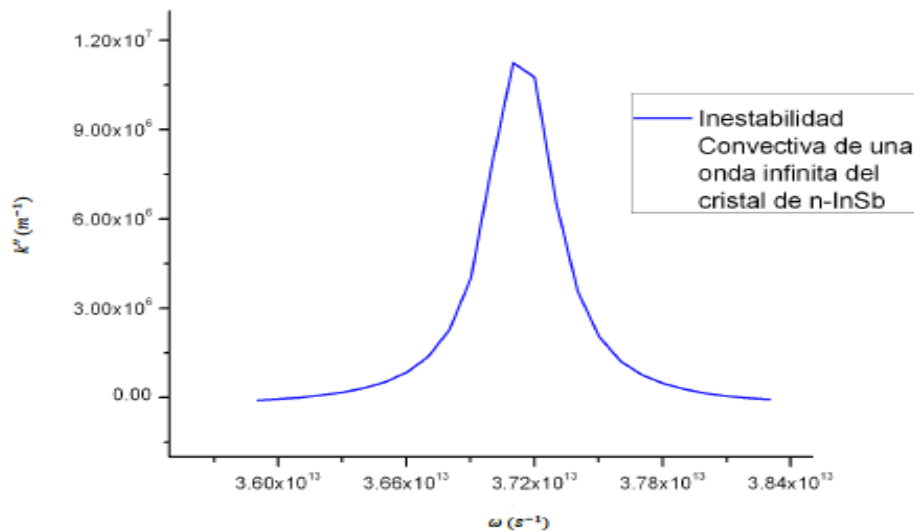


Fig. 5. Amplificación de fonones ópticos en una onda infinita en el cristal de $n - \text{InSb}$.

Conclusiones.

Las inestabilidades absoluta y convectiva de los fonones ópticos, depende de algunos parámetros, pero, el parámetro más destacable es el rango de temperatura de $40\text{ K} - 80\text{ K}$. Si la temperatura sobre pasa dicho rango no se obtiene las inestabilidades.

La generación y amplificación de los fonones ópticos en radiación Terahertz de la simulación numérica solamente se pueden obtener a partir de los 40 K de la onda infinita en el cristal semiconductor no lineal del antimonuro de indio.

Agradecimientos.

A La Dra. Svitlana Koshova (q. e. p. d). del CIICAp-UAEM de la ciudad de Cuernavaca, Morelos, México.

Al Dr. Volodymyr Grimalsky del CIICAp-UAEM de la ciudad de Cuernavaca, Morelos, México.

Al departamento de posgrado del Instituto Tecnológico de Zacatepec, de la ciudad de Zacatepec, Morelos, México.

Al departamento de Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec, de la ciudad de Zacatepec, Morelos, México.

Referencias.

Charles Kittel. *Introduction to solid state physics.*, 7^o edition, Jhon Wiley & Sons, inc.

Dwight L. Woolard, James O. Jensen, R. Jennifer Hwu, Michael S. Shur., *Terahertz science and technology for military and security applications*, Ed. World Scientific.

Kevin F. Brennan. *The physics of semiconductors with applications to optoelectronic devices*. Ed. Cambridge.

Manuel Cardona & Peter Y. Yu., *Fundamentals of semiconductors, Physics and materials properties*.

4^o edition. Ed. Springer.

S. D Ganichev & W. Prettl, *Intense Terahertz excitation of semiconductors*, Ed. Oxford University Press.

Yun Shik Lee. *Principles of Terahertz science and technology*. Ed. Springer.

Ajay Nahata. *Alcanzando el Terahertz*. <http://www.neoteo.com/alcanzando-el-terahertz.neo>.

InSb-Indium Antimonide, *Propiedades físicas y químicas del InSb*.
<http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/Semicond/InSb/index.html>.

V. Grimalsky, S. Koshevaya, C. Castrejón-M. "Amplification of Optical Phonons in Bulk Semiconductors and Heterostructures at Low Temperatures". 2010 MIEL, 27th International Conference on Microelectronics, NIS, Serbia.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

SINTONIZACIÓN DE UN LÁSER DE FIBRA ÓPTICA DOPADO CON ERBIO, POR MEDIO DEL CONTROL DE TEMPERATURA EN FIBRAS ADELGAZADAS

R. E. Nuñez-Gomez¹, A. Olarte-Paredes¹, R. Salgado-Delgado¹, A. Gutierrez-Alarcón¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - romeo.ng@zacatepec.tecnm.mx, alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx, rene.sd@zacatepec.tecnm.mx, alfredo.ga@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS (IEM)

Resumen: En este trabajo, se presentan los resultados de la sintonización de un láser de fibra óptica dopado con erbio, empleando adelgazamientos concatenados de fibra óptica como filtro sintonizable controlado por temperatura. La sintonización se lleva a cabo incrementando la temperatura entre 25 °C y 90 °C de 2 ml glicerina inmersa sobre el filtro de fibra óptica, por medio de una celda Peltier. El incremento controlado de temperatura cambia gradualmente el índice de refracción de la glicerina, debido a que este compuesto presenta una alta dispersión del índice de refracción a esta variación física. La interacción de la luz acoplada en la interfaz aire-revestimiento en el filtro, interactúa con la glicerina que se encuentra en el medio exterior generando un cambio de índice de refracción efectivo en los modos acoplados que la fibra transporta. Este efecto modifica las características espectrales de transmisión del filtro y es utilizado, dentro de la cavidad, como el mecanismo de sintonización. El láser tiene la característica de sintonizar la emisión láser entre 1531.2 nm y 1561.25 nm, presentando además múltiple emisión en longitudes de onda en la banda de 1530 nm. La señal láser presenta una relación señal-ruido de 58.14 dB, además de una variación en estabilidad en longitud de onda y amplitud de 1.48 dB y 1.4 nm monitoreada en un intervalo de 45 minutos.

Introducción.

Los láseres de fibra óptica sintonizables, son dispositivos fotónicos que generan de luz coherente y tienen diversas aplicaciones en áreas de la ciencia y tecnología, entre las que se encuentra la espectroscopía, sistemas de comunicaciones ópticas, sensores ópticos o sistemas de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) (Babin et al., 2007; Cuevas et al., 2023; Xing et al., 2022). Para obtener un láser de fibra óptica sintonizable, generalmente se requiere integrar a la cavidad dispositivos de fibra óptica que funcionen como filtros dependientes de la longitud de onda, ya que sus características espectrales pueden ser modificadas mediante perturbaciones físicas (estrés, temperatura, torsión, índice de refracción) favoreciendo la emisión para determinadas longitudes de onda dentro del ancho de banda fluorescencia del medio activo. En ese sentido, se han desarrollado láseres sintonizables y conmutables empleando rejillas de periodo largo (Silva-Alvarado et al., 2022), rejillas de Bragg para sintonización de láseres de tulio (Ibarra-Escamilla et al., 2018), interferómetros tipo Mach-Zehnder formados por una fibra especial con doble núcleo sometido a tensión para sintonizar 5 nm un láser de erbio (Zou et al., 2013), secciones de fibra óptica adelgazadas expuestas a ondas acústicas para láseres de erbio (Huang et al., 2016) o adelgazamientos concatenados sometidos a curvatura en la obtención de emisión multi-longitud de onda conmutable (Nuñez-Gomez et al., 2020). Particularmente, los adelgazamientos de fibra se han popularizado los últimos años como filtro intra-cavidad debido sus características de transmisión espectral, su relativo costo de manufactura, ya que se fabrican en fibra

comercial SMF-28 y su repetibilidad, debido a la tecnología actual de máquinas procesadoras de vidrio de alta calidad. Básicamente un adelgazamiento se fabrica calentado y estirando controladamente una sección de la fibra óptica reduciendo su revestimiento hasta alcanzar tamaños de algunas micras (Harun et al., 2013). Por otra parte, la luz guiada a través de un adelgazamiento, provoca que el modo que viaja por el núcleo se acople en modos que viajan en la interfaz aire-revestimiento en la zona de menor diámetro, para volver a acoplarse al modo de luz del núcleo en la sección donde la fibra recupera sus dimensiones originales. Los modos que viajan en la interfaz aire-revestimiento viajan a una velocidad diferente que el modo guiado en el núcleo, provocando una diferencia de fase. Al volver a acoplarse se produce interferencia, lo que genera un espectro de transmisión con bandas de atenuación centradas de acuerdo a las dimensiones geométricas y criterios de adiabaticidad en el proceso de manufactura. Posteriormente, sus características espectrales pueden ser modificadas si los adelgazamientos son sometidos, por ejemplo, a tensión, compresión o cambio en índice de refracción. Bajo este concepto, se han desarrollado láseres sintonizables modificando el índice de refracción externo en los adelgazamientos, por medio del cambio de temperatura de glicerina depositada sobre el filtro, ya que una propiedad de este fluido es su alta dispersión del índice de refracción a la temperatura. En el año 2014, R. Selvas demostró la sintonización de un láser de fibra dopado con erbio por medio de temperatura utilizando un par de adelgazamientos concatenados sumergidos en glicerina, del cual obtuvo un rango de 12 nm de sintonización (Selvas-Aguilar et al., 2014). A. Martínez posteriormente desarrolló un sensor de láser de fibra óptica bajo el mismo concepto, empleando adelgazamientos configurados en un interferómetro Mach-Zehnder, logrando una sensibilidad del sensor de 1089 pm/°C (Alejandro Martínez-Rios et al., 2015).

En el presente estudio, se demuestra la sintonización de un láser de fibra óptica dopado con erbio, empleando un filtro de fibra óptica que contiene seis adelgazamientos concatenados (A. Martínez-Rios et al., 2014) y que se encuentra sumergido en 2 ml de glicerina. Por medio de una placa peltier, se incrementa el rango de temperatura de 25 °C a 90 °C. Este incremento de temperatura, modifica el valor del índice de refracción en la zona de adelgazamientos, modificando a su vez el espectro de transmisión del filtro. Debido a este proceso, el láser propuesto puede generar múltiple-emisión, así como sintonizar de la longitud de onda de emisión láser, en la banda cercana a los 1550 nm. Se analizan a su vez, la estabilidad de la emisión en amplitud y longitud de onda.

Desarrollo Experimental

El dispositivo de fibra óptica que se emplea como filtro selectivo de longitud de onda en este experimento, consta de seis adelgazamientos en serie fabricados mediante una máquina procesadora de vidrio automatizada (GPX-3000) en una sección de fibra óptica tipo SMF-28. Las dimensiones de los adelgazamientos, así como la distancia de separación entre ellos se representan en la figura 1, en la que se muestra únicamente una sección del total del dispositivo manufacturado (una sección de dos adelgazamientos). La longitud de cintura y transición de los adelgazamientos tienen dimensiones de 1 mm, mientras que el diámetro

(originalmente de 125 μm) se reduce hasta 55 μm . Por otra parte, el periodo de separación entre adelgazamientos es de ~ 3708 mm y longitud total del dispositivo es de ~ 2.54 cm.

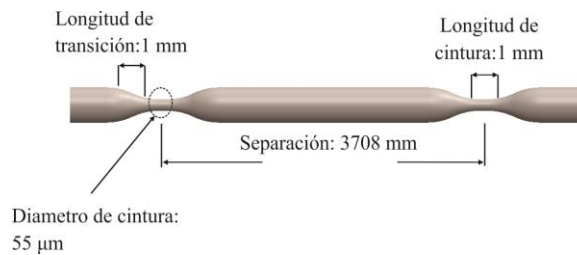


Figura 1. Dimensiones de una sección del dispositivo de fibra óptica basado en adelgazamientos

En la figura 2 se muestra el esquema experimental para la caracterización de la respuesta de transmisión óptica del filtro basado en adelgazamientos previamente fabricado. Este esquema consiste en un diodo láser con emisión en 980 nm el cual bombea 3 metros de fibra óptica dopada con erbio a través de un multiplexor por división de longitud de onda (WDM). La salida de la fibra dopada se empalma directamente con el filtro y su respuesta se monitorea con un analizador de espectro óptico (OSA). En este caso, el ancho de banda del espectro de emisión de fluorescencia generado por la fibra dopada, es utilizado como fuente óptica para determinar la caracterización de la respuesta del filtro.

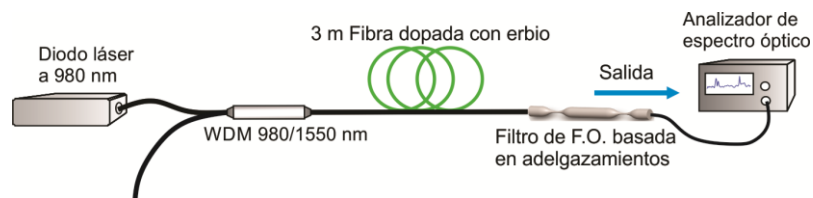


Figura 2. Arreglo experimental para la caracterización del espectro de transmisión del filtro

La respuesta en transmisión del filtro se determinó como la diferencia del espectro de fluorescencia y el espectro de modulación modificado por el filtro, una vez que la luz ha atravesado completamente el dispositivo. Esta respuesta se muestra en el espectro de la figura 3 (línea negra punteada). Las pérdidas por inserción del filtro son de ~ 2 dB. De la figura 3, se puede observar que se presentan cuatro bandas de atenuación, con picos de resonancia centrados en 1523.2 nm, 1541.15 nm, 1546.5 nm y 1568 nm. Estas bandas pueden experimentar modulación en longitud de onda o profundidad de amplitud cuando el filtro es afectado por alguna perturbación física externa, como tensión, compresión, temperatura o índice de refracción. Bajo este concepto, la ganancia de la fibra dopada tiende, en una cavidad láser, a redistribuirse en longitud de onda a medida que el espectro de transmisión del filtro es modulado, generando el proceso de sintonización o multi-emisión láser.

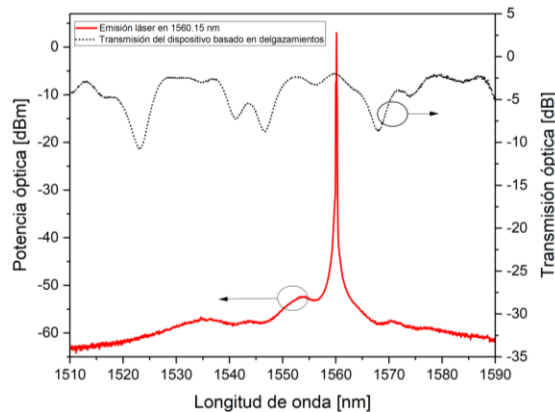


Figura 3. Respuesta espectral del filtro (línea punteada negra) y emisión láser centrada en 1560.15 nm para las condiciones iniciales sin glicerina (línea roja)

Una vez caracterizado el dispositivo, se implementa el arreglo experimental del láser de fibra óptica en configuración de anillo, mostrado en la figura 4. El bombeo lo proporciona el diodo láser a 980 nm con salida de pigtail. El medio activo consta de 3 metros de fibra óptica dopada con erbio (Liekki Er80-8/125). El resto de la cavidad está compuesta por un control de polarización, un acoplador de salida 70/30, un aislador y un WDM, por el cual se realiza la retroalimentación. El filtro se coloca entre el controlador de polarización y el acoplador de salida.

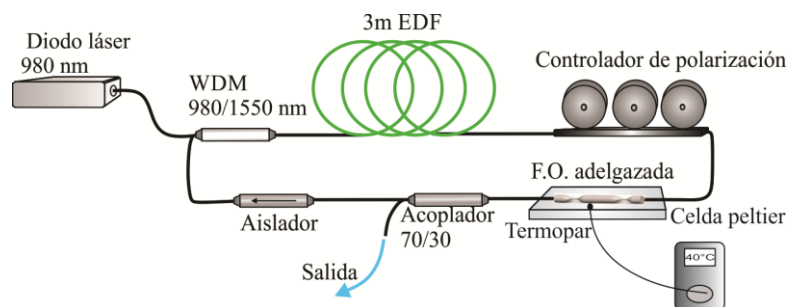


Figura 4. Arreglo experimental de láser dopado con erbio en configuración de anillo, incluyendo el sistema de control de temperatura

El funcionamiento del láser es el siguiente: el bombeo con el diodo láser excita la fibra dopada, la cual genera emisión de fluorescencia y circula a través del controlador de polarización, siendo filtrada posteriormente por la fibra que contiene los adelgazamientos concatenados. El acoplador de salida retroalimenta el 70% de la señal, mientras que el otro 30% se extrae para su análisis con un OSA. Por la entrada de 1550 nm del WDM, se retroalimenta la cavidad y el aislador tiene la función de propagar la luz en una sola dirección, para evitar el establecimiento de una onda estacionaria. La señal láser se establece en el momento que se supera el umbral, cuando la ganancia supera las pérdidas en la cavidad. La figura 3 (línea roja) muestra la emisión láser establecida en 1560.15 nm, cuando la cavidad en anillo se bombea con 67 mW de potencia. Para el proceso de sintonización láser, el filtro con adelgazamientos se colocó en forma recta sobre una placa peltier. Se

depositó sobre la fibra 2 ml de glicerina, la cual tiene un índice de refracción de 1.4706 a 26 °C (medida con un refractómetro Anton Paar). El proceso de sintonización se da cuando se aumenta gradualmente la temperatura en la placa peltier (entre 25 °C y 90 °C) lo que ocasiona un cambio del índice de refracción de la glicerina que se encuentra circundante a los adelgazamientos, por la alta dispersión del fluido a la temperatura. La variación del índice de refracción con la temperatura genera que los modos acoplados a la interfaz aire-núcleo en los adelgazamientos concatenados, presenten un cambio de índice de refracción efectivo y con ello un reajuste en el espectro de transmisión.

Resultados y Discusión.

Se depositan 2 ml de glicerina sobre el filtro y se procede a bombear la cavidad con 67 mW de potencia óptica. La temperatura se establece a 25 °C por medio del peltier. Bajo estas condiciones, la emisión láser presenta una conmutación hacia longitudes de onda cortas (comparada con la figura 4, línea roja), entre 1529 nm y 1532 nm, para el intervalo de temperatura entre 25 °C y 45 °C, como se muestra en la figura 5 (a). Se observa que existe múltiple emisión debido al reajuste de ganancia del sistema por efecto del filtro, generando un aplanamiento en la ganancia para el rango de longitudes de onda cortas, promoviendo la oscilación láser en más de una longitud de onda.

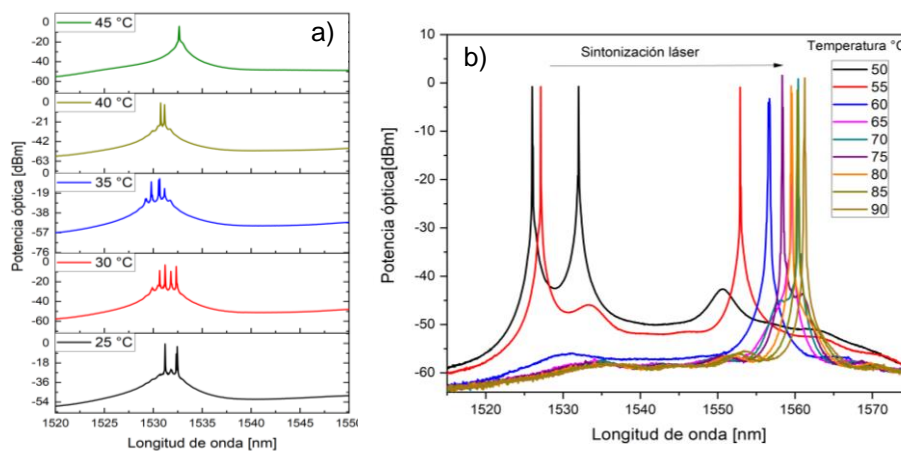


Figura 5. Proceso de sintonización de láser en función de la temperatura, a) zona de múltiple emisión cercana a los 1530 nm para el rango de 25 °C a 45 °C, b) sintonización láser en longitudes de onda largas para el rango de 50 °C a 90 °C

A partir de los 50 °C, la emisión se desplaza hacia longitudes de onda cortas, como se muestra en la figura 5 (b). Para las temperaturas de 50 °C y 55 °C, se obtiene doble emisión (1525 nm-1532 nm y 1527.1 nm-1552.9 nm) la cual conmuta posteriormente en una sola longitud de onda, con dirección hacia longitudes de onda largas. En el rango de 60 a 90 °C, la sintonización láser comprende el rango de 1556.7 nm y 1561.25 nm, como muestra la sección derecha del espectro de emisión láser en la figura 5 (b).

En la figura 6, se observa el proceso de sintonización en función de la temperatura. En ella se observan dos zonas. Una zona de multi-emisión láser (color morado) que comprende mayormente la zona de longitudes de onda cortas, entre 1526 nm a 1535 nm (en el rango de 25 °C a 55 °C) y el recuadro color rosa, que representa la sintonización.

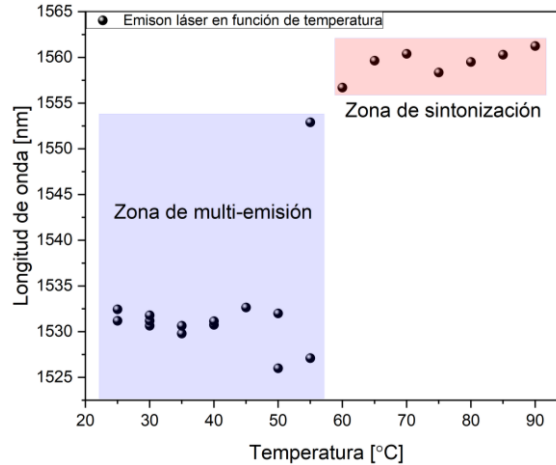


Figura 6. Evolución del proceso de sintonización en función de la temperatura. Se obtienen dos zonas, una de multi-emisión para longitudes de onda cortas y una zona de sintonización para longitudes de onda largas

Finalmente, para conocer la estabilidad en distribución de longitud de onda y la estabilidad en amplitud, se seleccionó la longitud de onda en 1559.65 nm correspondiente a una temperatura de 65 °C. Para esta caracterización, se tomaron datos del espectro de emisión láser cada 5 minutos, en un intervalo de 45 minutos. En la figura 7 (a) se muestra la distribución espectral de la emisión láser en función del tiempo. La variación en términos de longitud de onda y amplitud se muestran en la figura 7 (b). Los datos obtenidos, demuestran que la máxima variación en longitud de onda corresponde ~1.4 nm (línea azul) y ~1.48 dB para la variación en el pico de emisión (línea negra).

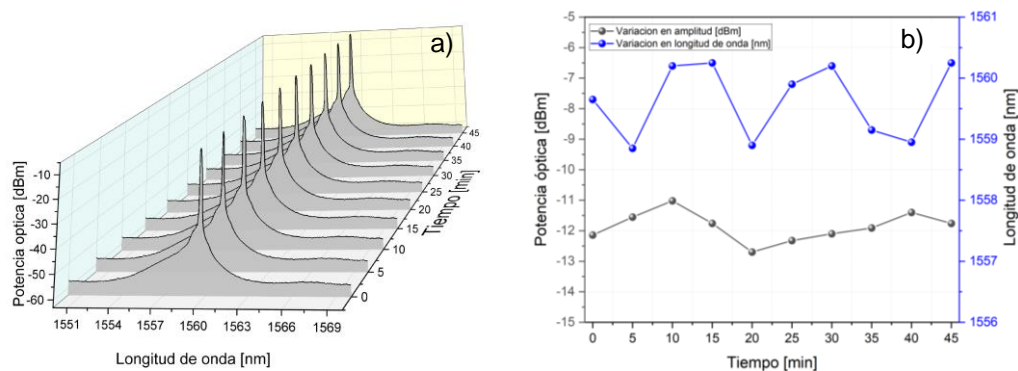


Figura 7. Caracterización de la estabilidad en términos de longitud de onda y potencia de salida. a) evolución de espectro láser en 1559.65 nm para un rango de 45 min, b) variación temporal en longitud de onda y amplitud de emisión.

En la búsqueda implementar nuevas técnicas y métodos para la obtención de láseres de fibra óptica sintonizables y múltiple-emisión, los resultados obtenidos en este experimento demuestran que el sistema láser propuesto es comparable con aquellos que se han propuesto en la literatura, además de tener ventajas como una buena estabilidad en longitud de onda y amplitud, además de que el filtro implementado es de manufactura sencilla y de relativo bajo costo.

Conclusiones.

Se presentaron los resultados de un láser de fibra óptica dopado con erbio sintonizable, por medio del control de temperatura de 2 ml de glicerina depositada sobre un filtro de fibra óptica que contiene seis adelgazamientos concatenados. La sintonización del láser es debida a la elevada dispersión del índice de refracción de la glicerina con la temperatura, lo que modifica las características de transmisión espectral del filtro. Se obtuvo un rango de sintonización láser que comprende 35.25 nm, desde 1526 nm a 1561.25 nm. El láser tiene una relativa buena estabilidad un desplazamiento máximo de ~1.4 nm y la amplitud de la emisión láser una variación máxima de ~1.48 dB.

Agradecimientos.

El autor agradece al CONACYT por el apoyo otorgado mediante Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México.

Referencias

- Babin, S. A., Kablukov, S. I., & Vlasov, A. A. (2007). Tunable fiber Bragg gratings for application in tunable fiber lasers. *Laser Physics*, 17, 1323–1326.
- Cuevas, A. R., Khashi, H. J., Stoliarov, D., & Sergeev, S. (2023). Polarization dynamics, stability and tunability of a dual-comb polarization-multiplexing ring-cavity fiber laser. *Results in Physics*, 46, 106260.
- Harun, S. W., Lim, K. S., Tio, C. K., Dimiyati, K., & Ahmad, H. (2013). Theoretical analysis and fabrication of tapered fiber. *Optik*, 124(6), 538–543.
- Huang, L., Song, X., Chang, P., Peng, W., Zhang, W., Gao, F., Bo, F., Zhang, G., & Xu, J. (2016). All-fiber tunable laser based on an acousto-optic tunable filter and a tapered fiber. *Optics Express*, 24(7), 7449–7455.
- Ibarra-Escamilla, B., Durán-Sánchez, M., Álvarez-Tamayo, R. I., Posada-Ramírez, B., Prieto-Cortés, P., Kuzin, E. A., Cruz, J. L., & Andrés, M. V. (2018). Tunable dual-wavelength operation of an all-fiber thulium-doped fiber laser based on tunable fiber Bragg gratings. *Journal of Optics*, 20(8), 85702.
- Martinez-Rios, A., Salceda-Delgado, G., & Guerrero-Viramontes, J. A. (2014). Long-period cascaded fiber taper filters. *Applied Optics*, 53(5), 944. <https://doi.org/10.1364/AO.53.000944>
- Martinez-Rios, Alejandro, Anzueto-Sanchez, G., Selvas-Aguilar, R., Guzman, A. A. C., Toral-Acosta, D., Guzman-Ramos, V., Duran-Ramirez, V. M., Guerrero-Viramontes, J. A., & Calles-Arriaga, C. A. (2015). High sensitivity fiber laser temperature sensor. *IEEE Sensors Journal*, 15(4), 2399–2402. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2014.2377654>
- Núñez-Gomez, R. E., Anzueto-Sánchez, G., Camas-Anzueto, J. L., Martínez-Rios, A., Basurto-Pensado, M. A., & Castellon-Urbe, J. (2020). Switchable dual-wavelength erbium-doped fiber

- laser based on the broadband filtering performance of tapered long period fiber gratings. *Laser Physics*, 31(1), 15101.
- Selvas-Aguilar, R., Martínez-Rios, A., Anzueto-Sánchez, G., Castillo-Guzmán, A., Hernández-Luna, M. C., & Robledo-Fava, R. (2014). Tuning of an erbium-doped fiber ring laser based on heating a tapered fiber filter. *Optical Fiber Technology*, 20(4), 391–394. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2014.04.007>
- Silva-Alvarado, E. C., Martínez-Rios, A., Gallegos-Arellano, E., Martín-Vela, J. A., Ledesma-Carrillo, L. M., Reyes-Ayona, J. R., Porraz-Culebro, T. E., & Sierra-Hernandez, J. M. (2022). Tunable filter based on two concatenated symmetrical long period fiber gratings as Mach-Zehnder interferometer and its fiber lasing application. *Optics & Laser Technology*, 149, 107824.
- Xing, Z., Huang, B., Xue, L., Cao, J., & Lou, S. (2022). Tunable and interval-adjustable multiwavelength Erbium-doped fiber laser based on a compound filter. *Infrared Physics & Technology*, 124, 104212.
- Zou, H., Lou, S., & Yin, G. (2013). A wavelength-tunable fiber laser based on a twin-core fiber comb filter. *Optics and Laser Technology*, 45(1), 629–633. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2012.05.020>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

PROPUESTA DE UN VISCOSÍMETRO SAYBOLT UNIVERSAL

O.C. Benítez-Centeno¹, U. Rosales-Cobos¹, J.A. Mateos-Basilio¹, M.G. Cervantes Silva¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- omar.bc@zacatepec.tecnm.mx, L20090832@zacatepec.tecnm.mx, L20090805@zacatepec.tecnm.mx, L20090760@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS (IEM)

Resumen: En el presente trabajo se presenta la propuesta de un viscosímetro Saybolt universal el cual se diseñó y se opera bajo la norma D 88-94 ASTM (1999), su aplicación es para determinar bajo ensayo, la viscosidad cinemática de aceites respecto la variación de temperaturas. El recipiente del viscosímetro se maquinó en aluminio de acuerdo con la norma referida y se utilizó un SAE 5W-20 como fluido de trabajo, sometido a las temperaturas 70°, 75°, 80°, 85° y 90°C, los resultados se apegan a mediciones reportadas en la literatura, con errores no mayores al 6 %.

Palabras clave: Viscosidad, Viscosímetro Saybolt Universal, Fluidos.

Introducción.

Si se considera un fluido que se encuentra delimitado por una placa inferior estática y una placa superior móvil (Figura 1), a la que desde el reposo se le aplica una fuerza F , ésta provocará su desplazamiento a una velocidad terminal V , el perfil de velocidad en el fluido u dependerá de la dirección del eje y y de acotado al espesor ℓ (Cengel y Cimbala, 2018):

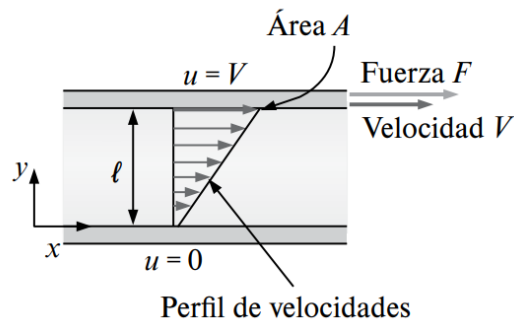


Figura 1. Perfil de velocidades entre dos placas paralelas.

Con base a lo anterior, para una dimensión, el esfuerzo de corte es función de la deformación del fluido (el gradiente de la velocidad) directamente correspondiente con la propiedad denominada viscosidad dinámica, esto se expresa en la ecuación 1:

$$\tau_{xy} = \mu \frac{du}{dy} \quad \text{Ec.(1)}$$

La relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido ρ , es la viscosidad cinemática, que se define como:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ec.(2)}$$

La viscosidad, puede entenderse como la resistencia interna de un fluido a desplazarse (fluir) y en general al incrementarse la temperatura para el caso de los gases la viscosidad se incrementa, mientras que en los líquidos disminuye. La medición de la viscosidad es determinante para varias aplicaciones los servicios públicos, la industria en general y ámbitos muy importantes como los sistemas de salud. Para el caso de los fluidos existen alternativas para la medición de viscosidad mediante instrumentos llamados viscosímetros, como los de cilindros concéntricos, caída de esfera, plano inclinado para la viscosidad dinámica o los viscosímetros Engler, Saybolt (Universal o Furol) para la viscosidad cinemática. Centrados en la medición de la viscosidad para aceites lubricantes, es ampliamente usado el viscosímetro Saybolt universal, el cual consta de un recipiente que contiene un obturador con un diámetro estandarizado de 1.765 mm con una tolerancia de 0.1 mm (ver Figura 2), alojado dentro de otro recipiente que constituirá lo que se denomina como baño maría, para ser un medio de transferir el calor del agua al aceite.

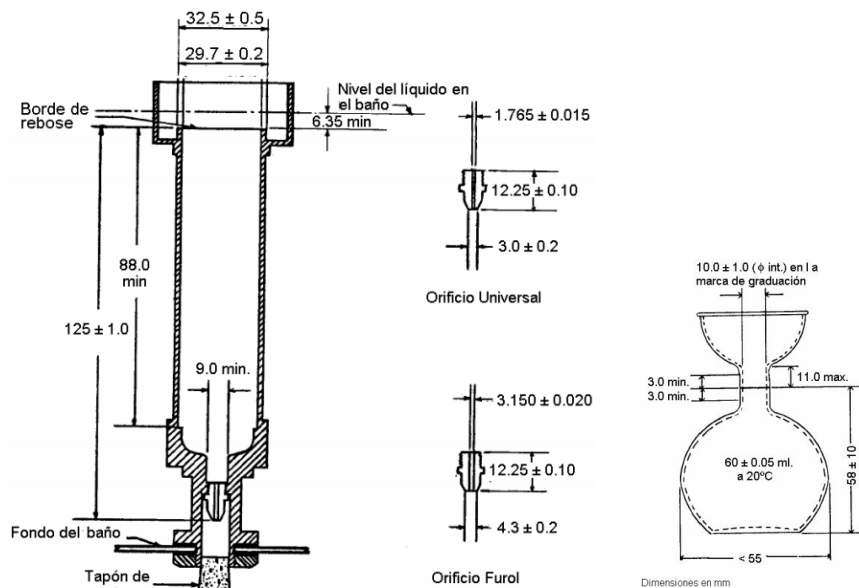


Figura 2. viscosímetro Saybolt con orificios bajo la norma D 88-94 ASTM (1999).

A continuación, se presenta la propuesta del diseño y construcción de un viscosímetro Saybolt el cual tiene la contribución de la cultura del auto

equipamiento, esto disminuye los costos, cuando se tiene carencia de equipamiento y se tiene la ventaja del conocimiento adquirido académicamente por la experiencia del involucramiento en el diseño y construcción, también en la etapa de experimentación.

Con base en la norma D 88-94 ASTM (1999), se construyó un equipo denominado viscosímetro Saybolt universal, cuyo principal componente es un recipiente de forma cilíndrica el cual debe poseer un obturador normado ya referido anteriormente, este elemento se manufacturo a base de aluminio, previa realización de los planos usando software CAD y se presenta en la siguiente figura:

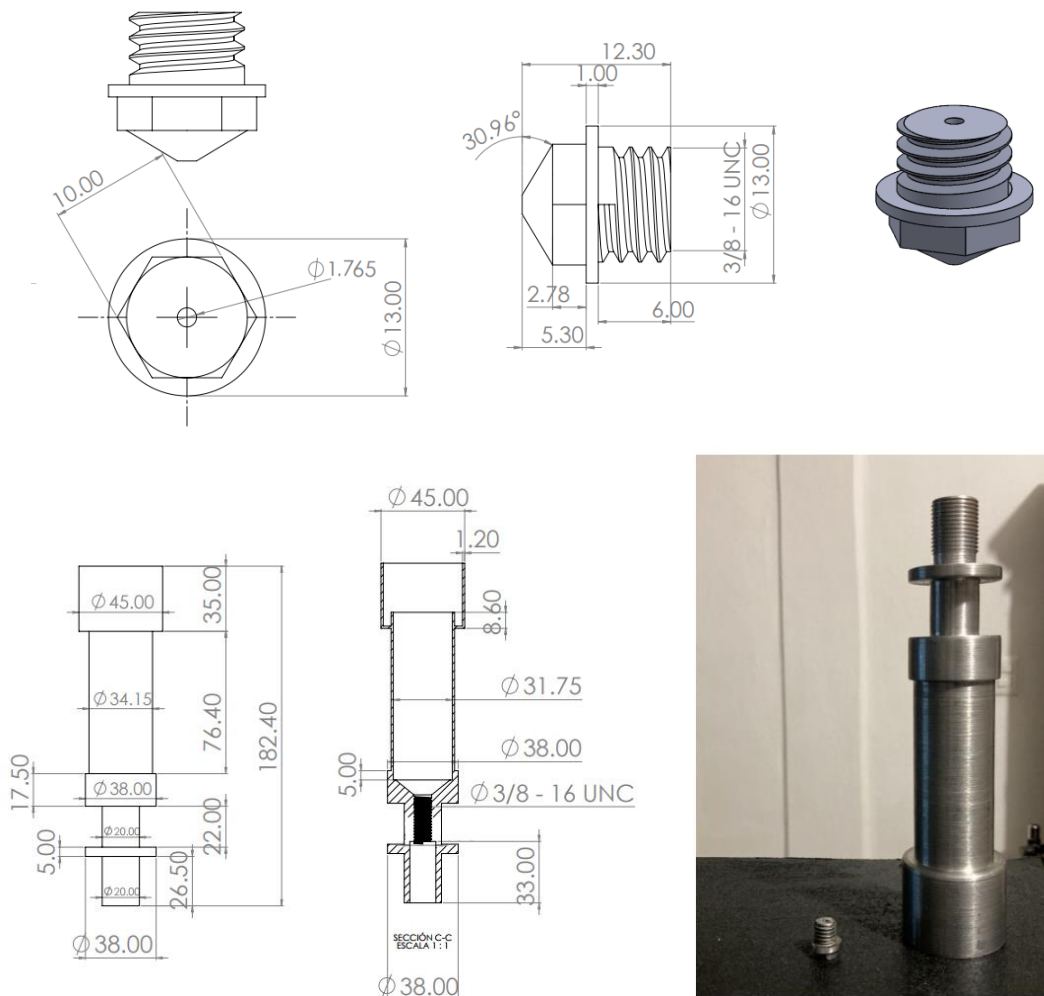


Figura 3 Diseño CAD del recipiente y boquilla para el viscosímetro Saybolt Universal.

El viscosímetro terminado se aprecia en la figura 4. La medición de la viscosidad cinemática ν en [cSt], se basa en una técnica empírica-experimental, en la cual se

mide el tiempo t en segundos que el aceite tarda al vaciarse desde el recipiente Saybolt por el obturador y completar un volumen de 60 ml, una vez medido el tiempo, a través de la relación lineal reportada por la ecuación (3), reportada por Perry (1986):

$$v = 0.22t - \frac{180}{t} \quad \text{Ec.(3)}$$



Figura 4. Viscosímetro Saybolt Universal terminado

Sección Experimental.

Los experimentos para la medición de la viscosidad cinemática se aplica la siguiente metodología:

- 1) Verificar condiciones óptimas en el viscosímetro Saybolt (limpieza, estabilidad, correcto funcionamiento de la resistencia eléctrica y del control de temperatura), también colocar el tapón de corcho en la parte inferior del recipiente Saybolt que contendrá la muestra del aceite a probar en el experimento. Asegurarse de que también el vaso de precipitado que recibirá el aceite durante el experimento.
- 2) Llenar los recipientes respectivos para el baño maría con agua y para el recipiente Saybolt el aceite cuya viscosidad se ha de determinar (en este caso el aceite SAE 5W-20).
- 3) Encender la resistencia eléctrica que calentará el agua y colocar la temperatura de prueba deseada en el control electrónico para fijar el nivel térmico del experimento (para este trabajo 70°, 75°, 80°, 85° y 90°C).
- 4) Verificar que la temperatura de prueba se ha alcanzado correctamente y entonces retirar el corcho ubicado en la parte inferior del recipiente Saybolt.
- 5) Una vez alcanzada la temperatura de prueba, se retira el tapón de corcho y se mide el tiempo en segundos que tarda en llenarse un volumen de 60ml.

- 6) Medido el tiempo se procede a los cálculos respectivos.
- 7) Se limpia el equipo al finalizar el experimento.

Resultados y Discusión.

En la Tabla1 (Resultados), se concentran los tiempos medidos para las respectivas temperaturas de los experimentos en los cuales en la tercera columna aparecen los valores determinados de la viscosidad cinemática de acuerdo con la ecuación 1, que corresponden al ensayo con el aceite SAE 5W-20. Se constata buena aproximación de las mediciones y la referencia de validación de acuerdo al boletín publicado por Widman (2023).

Tabla 1. Resultados.

Temperatura aceite [°C]	Tiempo [s]	Viscosidad cinemática medida [cSt]	Viscosidad cinemática de referencia [cSt], Widman (2023).	Error Relativo [%]
70°	87.95	17.302	16.400	5.5
75°	75.82	14.306	14.300	0.041
80°	66.30	11.871	12.500	5.032
85°	61.09	10.493	11.100	5.468
90°	58.68	9.842	9.900	0.58

Las mediciones contrastadas con las lecturas reportadas por Widman (2023), no registran errores mayores al 6%, se pueden considerar resultados aceptables. En la figura 5 se presentan las gráficas de los resultados que validan el viscosímetro propuesto en el presente trabajo, se puede observar que ante el aumento de temperatura hay un descenso en la viscosidad:

Las mediciones de la viscosidad cinemática para cada temperatura referida en los experimentos dependen de la precisión con que se mida el tiempo en segundos para que se completen los 60ml del fluido de trabajo pasado por el orificio del viscosímetro Saybolt. Aun así, las lecturas comprueban buena correlación para los resultados.

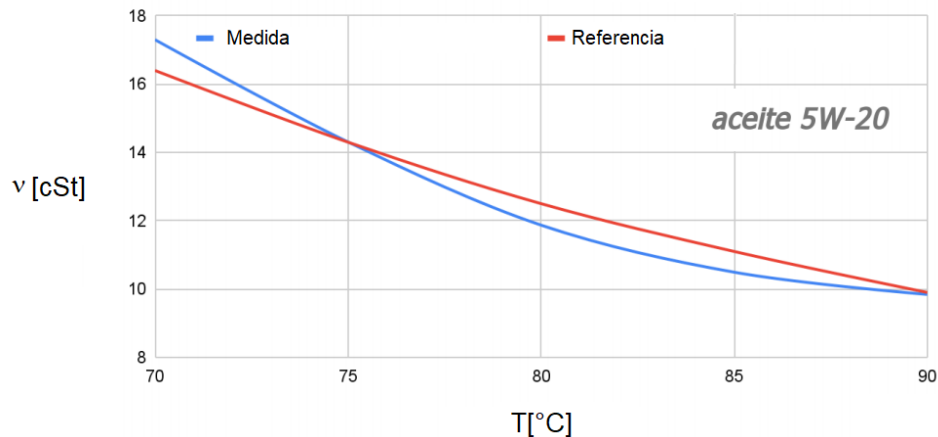


Figura 5. Resultados de las mediciones de viscosidad del aceite SAE 5W-20.

Conclusiones.

En el presente artículo se ha descrito la propuesta de un viscosímetro Saybolt universal el cual se diseñó y se opera bajo la norma D 88-94 ASTM (1999), su aplicación consta a la caracterización de aceites respecto de la viscosidad cinemática y su variación de temperaturas. La manufactura del viscosímetro incluyó el maquinado del recipiente del viscosímetro en material de aluminio bajo la norma referida y se utilizó un aceite SAE 5W-20 como fluido de trabajo, sometido a las temperaturas 70°, 75°, 80°, 85° y 90°C, los resultados se apegan a mediciones reportadas en la literatura, con errores no mayores al 6 %.

Referencias

- ASTM D 88 – 94, 1999, Standard Test Method for Saybolt Viscosity. Committee D-8 on Roofing, Waterproofing, and Bituminous Materials.
- Cengel Y. A., Cimbala J. M., 2018, Mecánica de Fluidos fundamentos y aplicaciones, Mc Graw Hill, 4ª Ed.
- Perry, Robert & Chilton, Cecil, 1986, Biblioteca del Ingeniero Químico. 5ta.ed. México DF: Me Graw Hill.
- Widman International SRL, La Relación entre la Viscosidad, la Vida Útil y el Costo de Mantenimiento: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/0609ViscosidadWidman.pdf>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

TRANSPORTE UNITARIZADO (CONTENEDORES), IMPORTANCIA Y DESARROLLO EN EL MUNDO Y EN MÉXICO.

J. M. Ramírez-Cuevas¹, V. Román-Díaz², J. E. Flores-Álvarez³, R. Mompremier⁴

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- jose.rc@zacatepec.tecnm.mx

²Centro de Bachillerato Tecnológico industrial y de servicios No. 136. orev4@hotmail.com

³Instituto Mexicano del Transporte. Coordinación de Ingeniería Portuaria y Costera. jflores@imt.mx

⁴Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. rojacques@azc.uam.mx

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: El comercio marítimo a lo largo de la historia ha fungido en un papel muy importante en él, y para el desarrollo económico de los países a nivel mundial. Por lo que el modo marítimo es de gran relevancia, ya que por este se moviliza el grueso del comercio internacional, ofreciendo ventajas respecto a los demás modos de transporte, tales como, mayor capacidad de carga y fletes más económicos, especialmente cuando se trasladan grandes volúmenes de mercancía. Esto no sería posible si no existieran buques de grandes dimensiones; así como puertos de altura que permitieran el constante manejo, uso y movimiento de mercancías; y, por si fuera poco, tampoco podrían trasladarse si no fuese por medio de recipientes que permitan el alojamiento de la mismas; tales como los contenedores. Por lo que el presente trabajo permitirá conocer la importancia y el desarrollo del transporte contenedorizado a nivel mundial y en nuestro país, México.

Palabras clave: contenedores, buques, TEUs.

Introducción.

El mundo se encuentra en constante movimiento, los bienes que utilizamos a diario, por ejemplo, ropa, calzado, aparatos electrónicos y electrodomésticos, las telas, los alimentos, así como otros productos importantes como el petróleo, el carbón, los minerales, y todo lo que nos rodea, viajan antes de llegar a nosotros; estos viajes pueden ser cortos o muy largos (algunas horas o días). Entonces podemos afirmar que el comercio marítimo a través de la historia ha representado un importante papel dentro del desarrollo económico de los países a nivel mundial.

Es así, que el transporte marítimo es actualmente el medio más eficaz de transportar mercancías, su bajo costo, gran capacidad de transporte masivo de mercancías y movimientos en largas distancias, son algunas razones que sostienen este mecanismo comercial como el más conveniente y rentable. Además de que esta actividad portuaria representa una gran alternativa real para el crecimiento económico y comercial de las naciones, ya que influye directamente en el crecimiento económico de los países, pues se podría afirmar que es la columna vertebral del comercio intercontinental para el transporte a granel de materias primas y la importación y exportación de alimentos y bienes manufacturados. Siendo pues los puertos fundamentales para el intercambio comercial internacional por ser lugares de resguardo de las embarcaciones en las que se desarrollan operaciones de carga, descarga, embarque y desembarque de gran cantidad de mercancías necesarias para el consumo de las poblaciones.

Por lo anterior, se hace mención, que el presente artículo expone la importancia y el desarrollo del transporte contenedorizado, tomando en consideración la influencia del transporte marítimo, los puertos, el aumento de carga a nivel mundial, la velocidad con que el transporte marítimo se ha desarrollado en los últimos años; además de realizar comparativas entre los puertos más importantes internacionalmente y la situación actual de nuestros puertos mexicanos; así como también se enfatiza la importancia en los mismos para la economía del país.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El transporte marítimo es sin duda alguna el más importante a nivel mundial, pues en este se realizan intercambios comerciales a gran escala y en grandes recorridos, así como en buques de grandes dimensiones que a su vez permiten grandes capacidades de almacenamiento. Para esto es necesario contar con puertos de infraestructura y capacidad adecuada; así como una organización en su logística favorable para el movimiento de mercancías.

Por otro lado, también es de suma importancia mencionar que los contenedores juegan un rol muy importante en este manejo de mercancías. Cabe resaltar que el contenedor, de acuerdo a la norma internacional es un elemento para el transporte que constituye un compartimiento, total o parcialmente cerrado, destinado a contener y transportar mercancías, y que puede estar construido de aluminio, acero o plástico, que sirve y ha sido concebido para el transporte de mercaderías homogéneas y heterogéneas. Cabe señalar que la historia del contenedor inicia en épocas anteriores a la primera guerra mundial. Sin embargo, a fines de 1950, una transportadora terrestre norteamericana, frente a los problemas y costos del transporte de costa a costa, esbozó un "contenedor" standard, que pudiera ser transbordado fácilmente de camión a camión y a vagones ferroviarios. Para 1956, aparece el camionero Malcom Me Lean, fundador de la naviera Sea Land, se cargan en puertos norteamericanos los primeros contenedores. Posteriormente, apareció en el tráfico del Atlántico Norte, transportado por buques convencionales introducido en la primavera de 1966 y extendido pronto a todos los tráficos, determinando una nueva infraestructura portuaria, una nueva utilería y, sobre todo, los ya comunes buques portacontenedores, en sus diversos tipos y tamaños. Dentro de las características y ventajas de los contenedores podemos mencionar las siguientes (ver tabla 1).

Tabla 1.- Características y ventajas generales de los contenedores.

Características y ventajas de los contenedores		
- Resistencia al maltrato	- Capacidad de carga sin flexión	- Resistencia al ser manipulado y almacenado
- Peso/resistencia óptima	- Flexibilidad medidas	- Reparaciones económicas
- Apilables	- Resistencia a la intemperie	- Uso múltiple
- Baja inversión	- Mejora la calidad del transporte	- Agiliza la manipulación
- Mejora productividad	- Amplios materiales	- Rapidez en su acomodamiento

Existen principalmente dos tipos de contenedores:

- TEU, unidad equivalente a 20' (capacidad: 21.700 Kg. y 33 m³).
- FEU, unidad equivalente a 40' (capacidad: 27.200 kg. y 66 m³).

Dentro de las clases de contenedores se tienen, por ejemplo: Dry Van, High Cube, Open Top, Bulk, Flat, Open Side, Reefer, Iso Tank. A continuación, se ilustran algunos ejemplos de los tipos de contenedores utilizados en el transporte de diferentes mercancías, como el contenedor Dry Van, que son cerrados herméticamente y sin refrigeración o ventilación (figura 1).



Figura 1.- Contenedor Dry Van de 20 ft y 40 ft respectivamente.

El contenedor Reefer, refrigerados de las mismas medidas que el anterior, pero que cuentan con un sistema de conservación de frío o calor y termostato (figura 2).



Figura 2.- Contenedor refrigerador de 20 ft y 40 ft.

De igual manera, se tiene el Open Top, que son contenedores abiertos por la parte de arriba. Puede sobresalir la mercancía, pero en ese caso, se pagan suplementos en función de cuánta carga haya dejado de cargarse por este exceso (figura 3).



Figura 3.- Contenedor Open Top de 20 ft y 40 ft.

El Open Side (figura 4), tienen como característica que es abierto en uno de sus lados. Se utilizan para cargas de mayores dimensiones en longitud que no se pueden cargar por la puerta del contenedor.



Figura 4.- Contenedor Open Side de 20 ft y 40 ft.

Ahora bien, es importante mencionar que estos contenedores son trasladados y transportados por buques portacontenedores, diseñados y construidos para este tipo de carga. Desde el año 2000, la capacidad de carga de estos buques se ha triplicado, siendo de alrededor de 8000 TEUs en ese año, hasta poco más de los 24000 TEUs actualmente (año 2023). Por ejemplo, el Buque Ever Alot, es el navío con mayor capacidad de carga construido en el mundo en el 2002. Rompe la marca de los 24 mil TEUs, y cuenta con 400 metros de eslora (longitud) y 61.5 metros de manga (ancho) (Juárez, 2022). (figura 5); mientras que el Ever Ace es de los portacontenedores más grandes del mundo. Y lo ha conseguido rozando la barrera de los 24.000 TEUs, alcanzando una capacidad de carga nominal de 23.992 TEUs. Cuenta con 400 metros de largo y 61.5 metros de ancho (Oliveira, 2021) (figura 6).



Figuras 5 y 6. Buque portacontenedor Ever Alot y Ever Ace respectivamente.

También se tiene que el HMM Algeciras, similar al Ever Ace, tiene 61 metros de ancho, una eslora de 399.9 metros, con una capacidad de 23.964 TEUs (figura 7); mientras que el buque HMM Oslo tiene una capacidad de 23.820 TEUs, un ancho de manga de 61.5 metros y una longitud de 399.9 metros (figura 8), el calado máximo de ambos es de 16.5 metros de profundidad.



Figura 7 y 8. Buque portacontenedor HMM Algeciras y HMM Oslo respectivamente. (Moverdb.com, 2022)

Resultados y Discusión.

Después de lo anterior, en el que se ha citado la evolución de la carga contenedorizada, la evolución de los buques portacontenedores, la importancia del movimiento de mercancías a nivel mundial; así como el crecimiento de las mismas hasta nuestra actualidad, es de suma importancia conocer el tráfico marítimo en este tipo de carga; por lo que a continuación se citan los principales puertos a nivel mundial y posteriormente en México.

A nivel mundial el comportamiento de los Puertos se ha concentrado mayormente en Asia, teniendo la tabla siguiente (tabla 2), como los mayores puertos en movimientos de carga contenedorizada, donde se presenta en millones de TEUs el movimiento por puerto histórico anual (Transporte, XXI), (Orús, 2022), (SPL, 2022) y (Juárez, 2022).

Tabla 2. Movimiento de contenedores histórico de los puertos más importantes a nivel mundial en millones de TEUs.

No.	Puerto	Año				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Shanghái, China	40.23	42.01	43.3	43.5	47.033
2	Singapur, Singapur	33.67	36.6	37.2	36.6	37.468
3	Ningbo, China	24.61	26.35	27.49	28.72	31.079
4	Shenzhen, China	25.21	27.74	25.77	26.55	28.768
5	Guanzhou, China	20.37	21.87	23.23	23.19	24.367
6	Qingdao, China	18.3	18.26	21.01	22	23.714
7	Busan, Corea del Sur	20.76	21.66	21.99	21.59	22.706
8	Tianjin, China	15.07	16	17.3	18.35	20.269
9	Hong Kong, China	20.76	19.6	18.3	17.95	17.798
10	Rotterdam, Países Bajos	13.73	14.51	14.82	13.6	15.3

A continuación, se presentan las figuras 9 y 10 en terminales de carga contenedorizada en los puertos número 1 y 2 a nivel mundial. Puertos de Shanghái y Singapur respectivamente.



Figura 9 y 10. Puerto de Shanghái y puerto de Singapur, números 1 y 2 en movimiento de contenedores respectivamente. (Orgaz, 2022) y (Jiménez, 2014).

Mientras tanto, en México se tiene que los principales puertos en carga contenedorizada son Manzanillo y Lázaro Cárdenas por el océano pacífico y Veracruz y Altamira por el Golfo de México, teniendo la siguiente tabla en movimiento de contenedores.

Tabla 3. Movimiento de contenedores histórico de los puertos más importantes en México, en millones de TEUs.

No.	Puerto	Año				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Manzanillo, Colima	2.83	3.078	3.069	2.909	3.371
2	Lázaro Cárdenas, Michoacán	1.149	1.315	1.318	1.064	1.686
3	Veracruz, Veracruz	1.117	1.176	1.144	1.006	1.165
4	Altamira, Tamaulipas	0.803	0.82	0.878	0.762	0.886

A continuación, se presentan las figuras 11, 12, 13 y 14 de los principales puertos en México respectivamente.

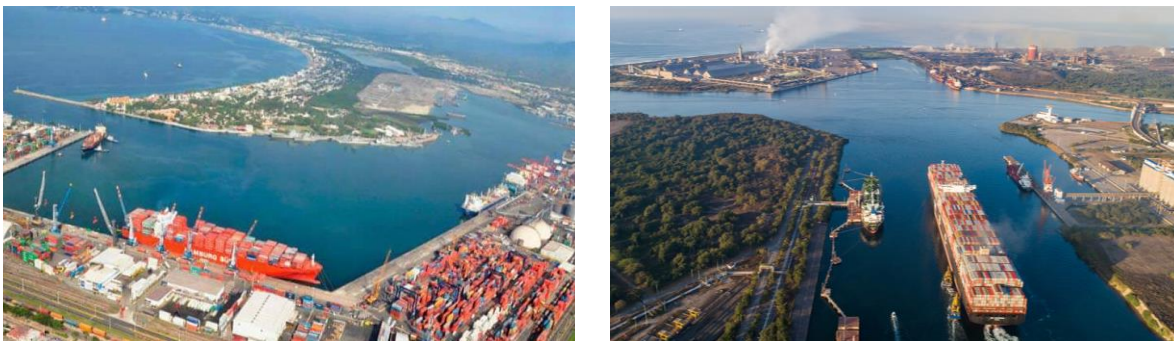


Figura 11 y 12. Puerto de Manzanillo, Colima y de Lázaro Cárdenas Michoacán, 1 y 2 lugar de México respectivamente en movimiento de contenedores.

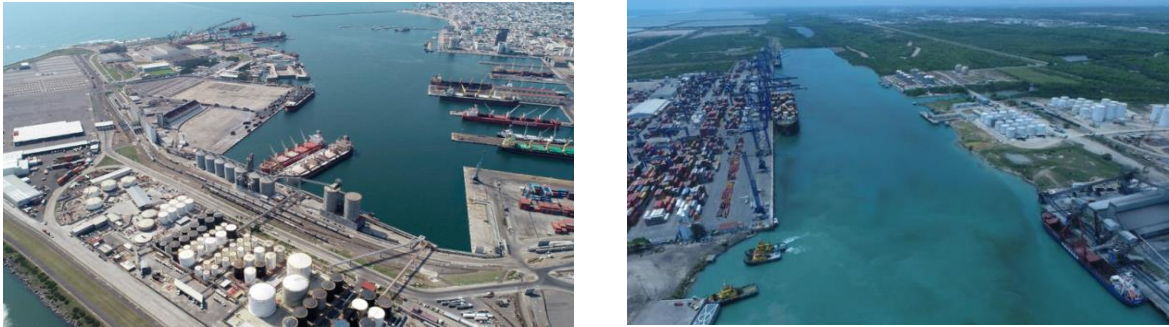


Figura 13 y 14. Puerto de Veracruz, Veracruz y puerto de Altamira, Tamaulipas, lugar 3 y 4 respectivamente en movimiento de contenedores.

Conclusiones.

Las dimensiones de las embarcaciones han ido en constante aumento, por lo que los puertos deben de ir también en crecimiento y mejoramiento de sus instalaciones y sus diferentes áreas de agua y tierra.

En la escena portuaria mundial, la mayor parte de los protagonistas se encuentran en Asia, ya que los principales nueve puertos son de este continente; mientras que, el puerto de Rotterdam es el único que es de otro continente, en este caso europeo, y ocupa el décimo lugar.

A pesar de la situación de la pandemia, originada en China, este País sigue siendo y teniendo el mayor número de puertos a nivel mundial dentro de los primeros top diez. Además, que, en países como China han aumentado innumerablemente el manejo de contenedores y mercancía en general desde hace ya poco más de dos décadas.

Existe una gran diferencia entre uno de los puertos más importantes del mundo (Shanghái, China) y uno de los puertos más importantes de México (Manzanillo). Ya que el puerto chino maneja aproximadamente más de 47 millones de TEU's, mientras que el puerto mexicano está alrededor de 3.7 millones.

México debe y necesita un mayor impulso en el movimiento y exportación de productos y de mercancías a los diferentes países y continentes del mundo. Al igual que la infraestructura portuaria mexicana debe ser impulsada, mejorada, ya que este sector portuario es de suma importancia en el desarrollo económico de los países.

Referencias

- iContainers. (2023). Los 20 puertos más importantes del mundo. Fueling the future of ocean freight. <https://www.icontainers.com/es/puertos-mas-importantes-del-mundo/>
- Jiménez, M. (23 abril 2014). Noticias sobre el sector de la logística y el transporte. Firman acuerdo para desarrollo tecnológico del puerto de Singapur. <https://noticiaslogisticaytransporte.com/transporte/23/04/2014/firman-acuerdo-para-desarrollo-tecnologico-del-puerto-de-singapur/19872.html>

- Juárez, C. (julio 15, 2022). Panamá abandera al buque portacontenedores más grande del mundo. <https://thelogisticsworld.com/actualidad-logistica/panama-abandera-al-buque-portacontenedores-mas-grande-del-mundo/>
- MoverDB.com. (marzo, 2022). Los 10 mayores portacontenedores en 2023. <https://moverdb.com/es/top-10-largest-container-ships-in-2022/>
- MoverDB.com. (2023). Los 49 mayores y más activos puertos de contenedores en 2023. <https://moverdb.com/es/top-49-contenedores-puertos/>
- Oliveira, J. A. (28 agosto 2021). El Ever Ace, el nuevo portacontenedores más grande del mundo. <https://vadebarcos.net/2021/08/28/el-ever-ace-el-nuevo-portacontenedores-mas-grande-del-mundo/>
- Orgaz, C. J. (22 abril 2022). El enorme atasco en el puerto de Shanghái por el confinamiento y sus consecuencias para América Latina y el mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-61182986>
- Orús, A. (mayo 2022). Statista Research Department. Logística y Transporte. Ranking de los puertos contenedores más grandes del mundo en 2021, según el rendimiento. <https://es.statista.com/estadisticas/635312/principales-puertos-de-contenedores-a-nivel-mundial-por-volumen-de-carga-manipulada/>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2023). Anuario estadístico de los puertos de México 2020. <https://www.gob.mx/puertosymarinamercante/documentos/anuario-estadistico-de-los-puertos-de-mexico-2020>
- South Pacific Logistics, (SPL, 2022). Los 15 principales puertos marítimos del mundo. <https://web.splogistics.com/blog/post/579/los-15-principales-puertos-maritimos-del-mundo>
- Transporte XXI. (15 de julio de 2022). TOP 200 Puertos de Contenedores del mundo. <https://www.transportexxi.com/wp-content/uploads/2020/07/Transporte-XXI-SP-Top-Contenedores-2020-web.pdf>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE REACCIÓN DEL CLORO EN EL SENO DEL AGUA

R. Mompremier¹, J.A. Márquez-Flores¹, J. Gómez-Núñez¹, J. M. Ramírez-Cuevas²,

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo Xalpa 180, San Martín Xochinahuac, Azcapotzalco, Ciudad de México- rojacques@azc.uam.mx, al2153036243@azc.uam.mx, jgn@azc.uam.mx

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- jose.rc@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen El agua es el líquido vital para todo ser vivo, y tanta es su importancia que se tiene que asegurar que sea apta para el consumo humano. Para la modelación numérica de la calidad del agua en redes de distribución, se usan los modelos matemáticos que permiten predecir la concentración de los parámetros de calidad del agua en toda la red de distribución. Uno de estos modelos utilizados es el programa EPANET. Sin embargo, para modelar la calidad del agua (decaimiento del cloro) usando este programa se requieren de dos parámetros: el coeficiente de reacción del cloro en el seno del agua (k_b) y el coeficiente de reacción del cloro con las paredes de las tuberías (k_w). En este proyecto de investigación se determinó el coeficiente de reacción del cloro en el seno del agua. Para llevar a cabo este estudio, se construyó un modelo experimental en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Se hicieron varias pruebas en donde varían diferentes parámetros como, la temperatura, y la concentración inicial del cloro. Los resultados obtenidos muestran el impacto de los parámetros antes mencionados sobre el valor del coeficiente k_b .

Palabras claves: Coeficiente de reacción del cloro con las paredes de las tuberías k_b , decaimiento del cloro, modelo experimental, concentración del cloro inicial.

Introducción.

Los sistemas de distribución de agua están diseñados para cumplir las normas de calidad del agua potable y deben ser capaces de satisfacer la demanda en todo momento con una presión satisfactoria, demanda en todo momento con una presión satisfactoria. El uso de modelos matemáticos para el análisis de sistemas de distribución de agua potable fue propuesto por vez primera por Hardy Cross en 1936. Desde entonces, los métodos de solución empleados en los modelos han evolucionado. Para simular la calidad del agua en una red de distribución, la mayoría de los paquetes de software, como EPANET, modelan el decaimiento del cloro usando el coeficiente de reacción en el seno del agua (k_b) y el coeficiente de reacción del cloro con las paredes de las tuberías (k_w), (Rossman et al. 2014) (Ramos et al. 2010) (Fisher et al. 2017). El coeficiente de reacción del cloro con las paredes toma en cuenta la pérdida de cloro debida a la interacción del agua que fluye con la pared de la tubería. El coeficiente k_b depende de la cantidad y el tipo de materia orgánica natural e inorgánica presente en el agua. Por lo tanto, se deben recoger muestras de agua y realizar pruebas de descomposición en laboratorio para evaluar la cinética de descomposición mediante pruebas de botella (Powell et al. 2000)

En este trabajo se llevó a cabo un estudio experimental para estudiar los factores que modifican el valor de los coeficientes de reacción del cloro en el agua.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para llevar a cabo este estudio se construyó un modelo experimental en el laboratorio de Termofluidos de la Universidad Autónoma Metropolitana. El modelo está compuesto de dos partes fundamentales:

1. Un tanque de almacenamiento de Policarbonato de dimensiones de 36 cm de ancho, 36 cm de largo y 36 cm de altura, con una capacidad de almacenaje de 46.66 litros. En el interior, se encuentra una resistencia industrial de inmersión fijada a su costado izquierdo y un sensor de temperatura termopar que está conectado al tablero instalado al costado izquierdo de la estructura (ver Figura 1).

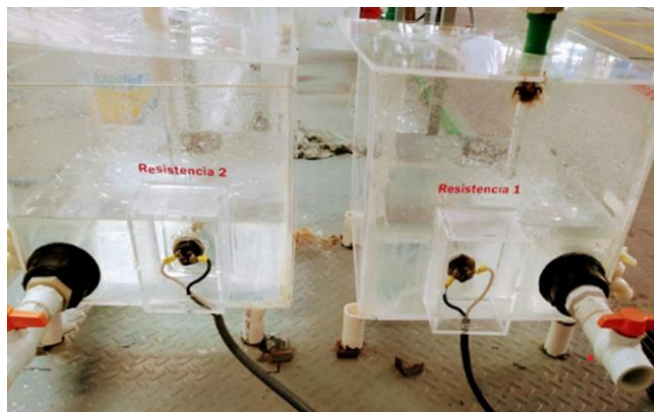


Figura 1.- Tanque de almacenamiento

2. Un tablero eléctrico con controladores de temperatura Inkbird ITC-106, el cual sirve para variar la temperatura del agua durante los experimental (ver Figura 2).



Figura 2.- Tablero eléctrico de controladores de temperatura

Establecimiento de los escenarios

Para obtener los valores del coeficiente de reacción del cloro en el seno del agua, se llevaron a cabo 4 experimentos, variando la temperatura inicial, así como la temperatura del agua. En la Tabla 1, se muestran los datos iniciales.

Tabla 1.- Datos iniciales de los escenarios

No. de escenario	Temperatura (°C)	Concentración inicial (ppm)
1	24	1.49
2	23	0.50
3	40	2.50
4	42	1.49

Procedimiento experimental

1. Se llenaron los tanques con agua hasta una altura de 20 cm de altura.
2. Se preparó la muestra en un recipiente agregando dosis de cloro para establecer la concentración de cloro inicial de acuerdo al escenario estudiado.
3. Se tomó la muestra inicial desde el recipiente para llenar los frascos. Como se puede observar en la Figura 3A, una vez llenado los frascos con las muestras se les ponen en el tanque donde se establece la temperatura deseada.
4. Finalmente se monitoreó la concentración del cloro usando un medidor de cloro portátil (Hanna Instruments, ver Figura 3B).

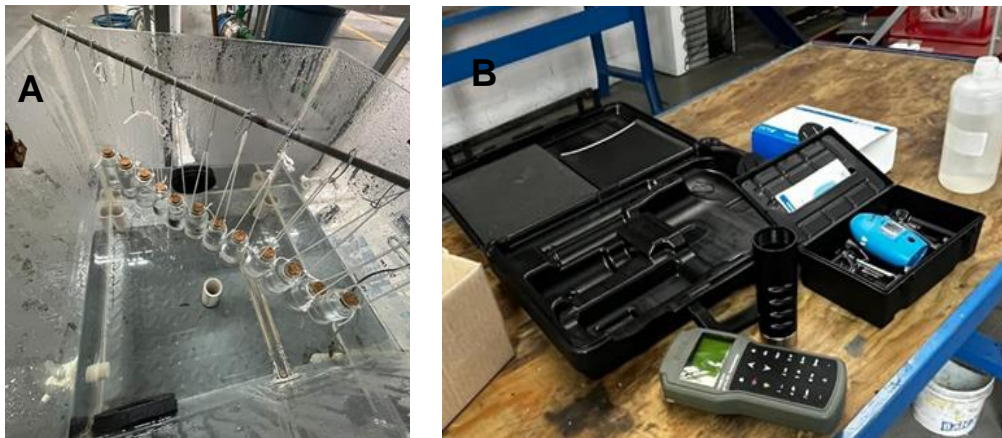


Figura 3. Procedimiento experimental. Figura 3^a, frascos llenos de muestra en el tanque. Figura 3^B, medidor de cloro portátil Hanna instrument.

Resultados y Discusión.

Se llevaron a cabo 4 experimentos en los cuales se variaron la concentración inicial de cloro, así como la temperatura del agua. En todos los experimentos se monitoreó en tiempo real la concentración del cloro. Los resultados obtenidos en los experimentos se muestran en las figuras 4, 5, 6 y 7, correspondiente a las gráficas

del 1 a la 4 de las mismas. Durante los experimentos se monitoreó la concentración del cloro para observar el decaimiento del cloro con el tiempo. Se midió la concentración del cloro a cada hora. De acuerdo con los resultados obtenidos, se pudo comprobar que el decaimiento fue más rápido durante las primeras horas. Sin embargo, al final de los escenarios observó que el decaimiento fue más lento. Para determinar el coeficiente de reacción del cloro en el seno del agua, se graficaron las dos variables (Cl_2 versus tiempo). Posteriormente se agregó una línea de tendencia exponencial para mostrar una tendencia con mayor claridad.

A partir de la línea de tendencia se pudo obtener la ecuación que representa el decaimiento del cloro. A partir de la ecuación observada se determinó el coeficiente de reacción del cloro en el seno del agua, con signos negativos ya que el comportamiento del cloro decrece con el tiempo.

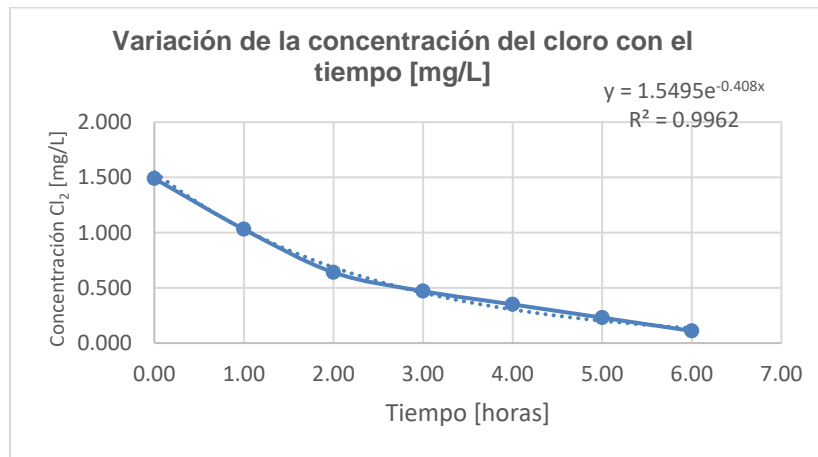


Figura 4. Variación de la concentración del cloro con el tiempo en el escenario 1
 Cl_2 inicial = 1.49 mg/L, $T = 24^\circ\text{C}$

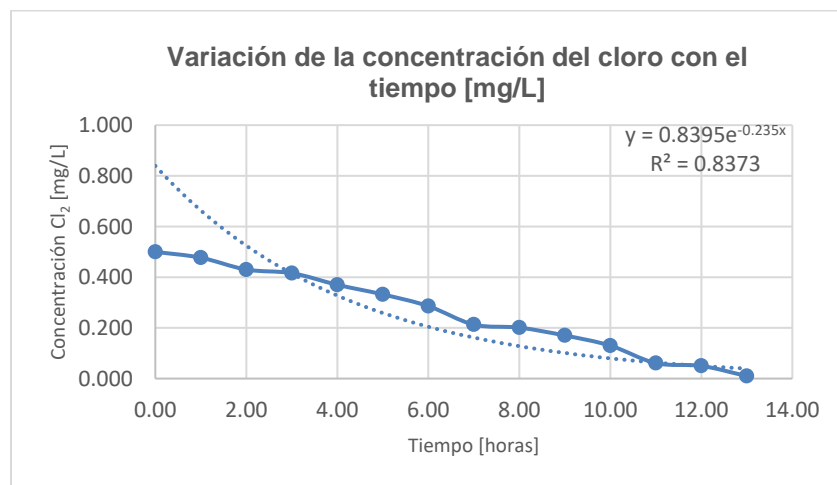


Figura 5. Variación de la concentración del cloro con el tiempo en el escenario 2
 Cl_2 inicial = 0.5 mg/L, $T = 23^\circ\text{C}$

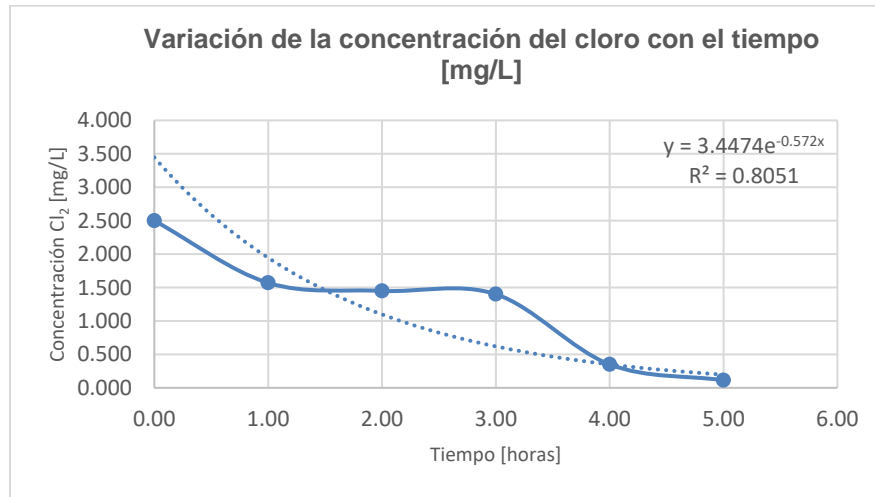


Figura 6. Variación de la concentración del cloro con el tiempo en el escenario 3
 Cl₂ inicial = 2.5 mg/L, T = 40°C

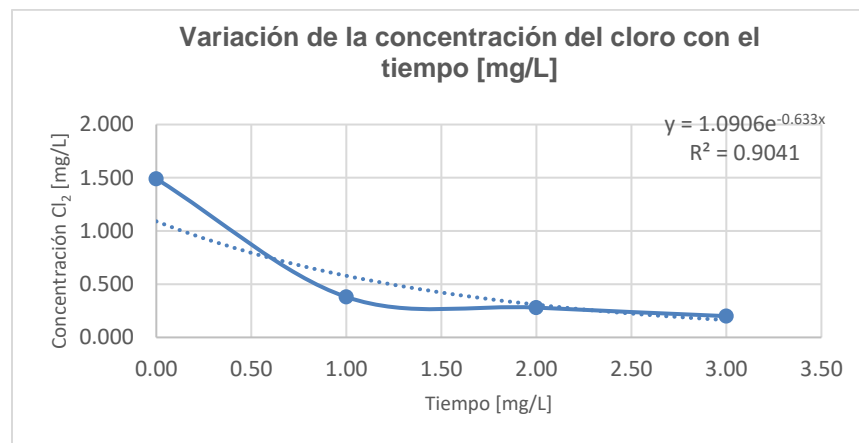


Figura 7. Variación de la concentración del cloro con el tiempo en el escenario 4
 Cl₂ inicial = 1.49 mg/L, T = 42°C

Como se pudo notar la concentración de cloro inicial tiene impacto sobre el valor del coeficiente k_b . Comparando los resultados de las gráficas 3 y 4, se notó una variación del valor del coeficiente k_b en cada una de las pruebas. Por ejemplo, el valor de k_b fue igual a -0.572 h^{-1} con una concentración inicial de 2.50 mg/L; -0.633 h^{-1} con una concentración de 1.49 mg/L. Se pudo observar la misma tendencia en cada uno de los experimentos. Sin embargo, existe otro factor importante que afecta el valor del coeficiente k_b . Analizando los resultados, se observó que la temperatura es otro factor que contribuye en la variación del coeficiente k_b . Como se observó en la prueba 4, la temperatura del agua alcanzó los 42°C y el cloro se decayó solamente 3 horas a pesar de la elevada concentración del cloro (1.49 mg/L). Se observó la misma tendencia en la prueba 3. La concentración del cloro se decayó después de 5 horas cuando la temperatura del agua alcanzó los 40°C. En otras palabras, cuando la temperatura es muy elevada, el decaimiento es más rápido y

los valores de k_b son más altos. En cambio, cuando la temperatura es baja, el cloro tarda más en decaerse y los valores de k_b son más pequeños en valor absoluto.

Los valores del coeficiente de reacción del cloro en el seno del agua obtenidos en esta investigación fueron comparados con otros valores obtenidos por Rodríguez Ruiz (2020). Se observó que sus valores son muy pequeños ($k_b = -0.0017 \text{ h}^{-1}$, $k_b = -0.0031 \text{ h}^{-1}$, $k_b = -0.0033 \text{ h}^{-1}$, $k_b = -0.0035 \text{ h}^{-1}$, $k_b = 0.0089 \text{ h}^{-1}$) en comparación a los valores de k_b de este estudio debido a la diferencia entre los datos iniciales, como la temperatura y la concentración inicial de cloro.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron obtener diferentes valores del coeficiente de reacción del cloro en el seno del agua. Es importante mencionar que el valor de este coeficiente depende de dos parámetros importantes: la temperatura del agua y la concentración inicial del cloro. Cada vez que haya una variación de uno de estos parámetros, el coeficiente k_b tuvo un valor diferente. Comparando los resultados obtenidos se pudo observar el impacto de la concentración inicial del cloro sobre la variación de los coeficientes k_b .

Referencias

- Fisher, I., Kastl, G. & Sathasivan, A. (2017). A comprehensive bulk chlorine decay model for simulating residuals in water distribution systems. *Urban Water Journal* 14 (4), 361–368. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2016.1148180>
- Powell, J. C., West, J. R., Hallam, N. B., Forster, C. F. & John Simms, C. F. (2000). Performance of various kinetic models for chlorine decay. *Journal of Water Resources Planning and Management* 126 (1), 13–20. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9496(2000)126:1(13)
- Rodríguez Ruiz J. (2020). Coeficiente de decaimiento del cloro en tuberías de diferentes materiales en redes de distribución de agua potable. México: Universidad Nacional de México (UNAM), Facultad de Ingeniería. Tesis de Maestría. Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información. <http://132.248.9.195/pd1999/275599/275599.pdf>
- Ramos, H. M., Loureiro, D., Lopes, A., Fernandes, C., Covas, D., Reis, L. & Cunha, M. (2010). Evaluation of chlorine decay in drinking water systems for different flow conditions: from theory to practice. *Water Resources Management* 24 (4), 815–834. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9472-8>
- Rossman, L. A., Clark, R. M. & Grayman, W. M. (1994). Modeling chlorine residuals in drinking water distribution systems. *Journal of Environmental and Engineering—ASCE* 120 (4), 803-820. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1994\)120:4\(803\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1994)120:4(803))

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN CANALES RECTANGULARES CON FLUJO UNIFORME

J.M. Ramírez Cuevas¹, y D. Zúñiga Malpica¹

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México. jose.rc@zacatepec.tecnm.mx
david.zm@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: Este trabajo experimental es realizado en el canal de pendiente variable del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Zacatepec en el estado de Morelos, para establecer, observar y analizar el flujo uniforme en el canal de pendiente variable de 5 metros de longitud, y a partir de los elementos geométricos obtenidos de ensayos, poder estar en condiciones de estimar los coeficientes de fricción experimentales de Manning, Darcy-Weisbach, Chezy y Hazen-Williams. La práctica de Flujo uniforme permitirá al alumno del curso de Hidráulica de canales aplicar los conocimientos del Flujo uniforme a través de la simulación del flujo en el canal de pendiente variable, con la medición y la observación del comportamiento de las variables hidráulicas, corroborando la teoría con la práctica.

Introducción.

Para un gasto dado que pasa por el canal podemos determinar los elementos geométricos, número adimensional de Froude y Reynolds, y a partir de esto, es posible conocer los coeficientes de fricción y el tipo de flujo que se presenta con respecto al tiempo, la distancia, la gravedad y la viscosidad.

El flujo uniforme es una condición de importancia básica que debe ser considerado en el diseño y proyecto de canales. Cuando se presenta el flujo normal o uniforme en todas las secciones de canales se tienen exactamente las mismas características hidráulicas. Esto es factible sólo en canales prismáticos, como es el caso del canal de pendiente variable del laboratorio de Ingeniería Civil del ITZ.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para que el escurrimiento en un canal se considere uniforme, en primer lugar, el flujo debe ser constante y además presentar las características siguientes:

- La línea del gradiente de energía, la superficie libre del agua y el fondo del canal tengan la misma pendiente.
- Canal deberá ser recto y largo.
- Sección transversal permanente. Las características hidráulicas como la profundidad, el área, el perímetro mojado, la velocidad media y el gasto, a lo largo del canal son constantes.

Para poder observar el flujo uniforme el canal debe ser prismático, con pendiente pequeña y que el tramo tenga una longitud corta y recta. El flujo normal o uniforme, se presentará al medir el mismo tirante en las secciones 1 y 2, colocadas al centro del canal.

El tipo de flujo de acuerdo con la viscosidad se obtiene del número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{4 V R}{\nu} = \frac{4 V R \rho}{\mu} \quad (1)$$

Donde:

Re = Número de Reynolds (dimensional); V = Velocidad de flujo (m/seg.);

R = Radio hidráulico (m), y ν = viscosidad cinemática del fluido.

Sí $Re < 500$ (el flujo tendrá régimen LAMINAR), si $500 < Re < 2000$ (el flujo es de TRANSICION), Sí $Re \geq 2000$ (el flujo tendrá régimen TURBULENTO).

El tipo de flujo conforme a los efectos de gravedad se definen del número de Froude (Fr):

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} \quad (2)$$

Donde:

V = Velocidad media del flujo (m/seg); y = Tirante de flujo (m);

g = Aceleración de la gravedad (9.81m/seg²).

Sí el número de Froude $Fr = 1$ (el flujo es CRÍTICO), si $Fr < 1$ (el flujo es SUBCRÍTICO), Sí $Fr > 1$ (el flujo es SUPERCRÍTICO).

Coefficientes de fricción

Con los elementos hidráulicos de flujo uniforme, se estimarán los coeficientes de fricción de Chezy, Manning, Darcy Weisbach y Hazen Williams. Para este fin se utilizarán las expresiones de fricción. Para obtener los coeficientes de rozamiento de manera simple y directa solo basta con despejar estos de las ecuaciones de flujo uniforme y sustituir las variables hidráulicas obtenidas con datos medidos en el canal (Chow, 1994).

1. Coeficiente de Chezy

Despejando el Coeficiente C en la expresión de Chezy

$$C = \frac{V}{\sqrt{RS}} \quad (3)$$

Donde:

V= Velocidad media del flujo (m/s), C= Coeficiente de Chezy (m^{1/2}/seg), R= Radio hidráulico (m) = A/P mojado y S= Pendiente hidráulica (adimensional)

2. Coeficiente de Manning

Despejando el Coeficiente "n" de la fórmula de Manning

(4)

$$n = \frac{C_m}{V} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V= Velocidad media (m/s), C_m = Constante empírica ($C_m=1.0\text{m}^{1/3}/\text{seg}$. Sistema métrico) o ($C_m=1.49$ pies^{1/3}/seg. Sistema ingles), R= Radio hidráulico (m), S=Pendiente hidráulica (adimensional) y n= Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional).

3. Formula de Darcy-Weisbach

$$f = hf \frac{4R}{L} \frac{2g}{V^2} \quad (5)$$

Donde:

hf = pérdida de carga (m), f= factor de fricción de Darcy-Weisbach (adimensional), depende del número de Reynolds (Re) y la rugosidad relativa ($\varepsilon/4R$), L= longitud del tramo (m), R= Radio hidráulico (m), V = velocidad media (m/seg), g= aceleración de la gravedad ($9.81\text{m}/\text{seg}^2$)

4. Formula de Hazen Williams

$$C_{HW} = \frac{V}{0.8492S^{0.54}R^{0.63}} \quad (6)$$

Donde:

V= Velocidad media (m/s), C_{HW} =Coeficiente experimental de Hazen y Williams ($\text{m}^{0.37}/\text{seg}$), R= Radio hidráulico (m), S = Pendiente hidráulica (adimensional), L= Longitud de la tubería (m)

Coeficientes de resistencia estimados.

Los valores de los coeficientes de fricción obtenidos del experimento, se comparan con los valores estimados en fórmulas u obtenidos de tablas experimentales, como es el caso los coeficientes de Manning y Chezy. (Sotelo, 2002).

Coeficiente de Chezy

A. Ecuación de Ganguillet y Kutter.

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (7)$$

Donde: S = pendiente hidráulica, R = radio hidráulico (m), n = coeficiente de Kutter.

Su aplicación es recomendada solo para cauces naturales. Otra expresión que produce mejores resultados prácticos que la expresión de Bazin, es la Expresión simplificada de Kutter:

$$C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \quad (8)$$

Donde: m = coeficiente de Kutter; R = radio hidráulico (m)

B. Ecuación de Bazin

$$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \quad (9)$$

Donde: m = coeficiente de Bazin; R = radio hidráulico (m)

Resultados y Discusión.

I. Material y equipo necesario.

Modelo:

Canal de pendiente variable

Equipo: 2 limnímetros, 1 sensor electrónico de nivel, 1 flexómetro, 1 termómetro.

II. Metodología.

Para iniciar la práctica en primer lugar el canal debe estar limpio y con todos sus accesorios y el equipo de medición estén colocados en su lugar. Medir la temperatura del agua (Zúñiga, 2018). Figura 1

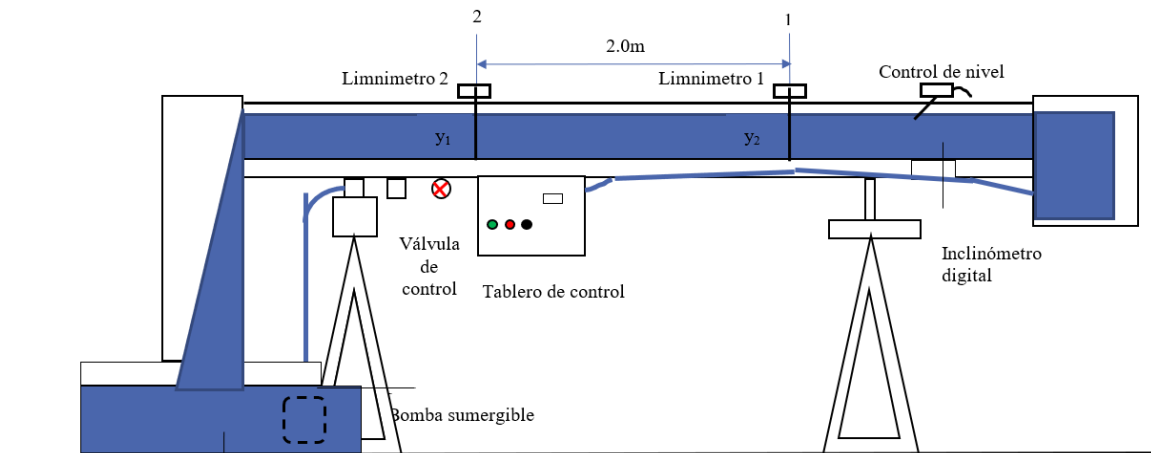


Figura 1. Figura que muestra los limnímetros para medir los tirantes y_1 (aguas arriba), y_2 (aguas abajo) del canal de pendiente variable en el Laboratorio de Ingeniería Civil del Tecnológico de Zacatepec.

Procedimiento:

1. Con la ayuda del inclinómetro colocar el canal con una pendiente $S < 0.0025$.
Figura 2.

2. Conectar el sensor electrónico del nivel al tablero de control. Figura 3.
3. Abrir la válvula de control al tope y presionar el botón rojo para accionar la bomba para dar un flujo en el canal. Figura 4.
4. Colocar los limnímetros con una separación de 2.0 m y medir el tirante, aguas arriba (y_1) y aguas abajo (y_2), como se representan en la figura 1 y 5.
5. Tomar la lectura del caudal en la pantalla del tablero de control. Figura 6
6. Cerrar con dos vueltas la válvula de control y repetir el procedimiento a partir del punto número 4 en al menos 4 ensayos para que obtener caudales menores al primer ensayo sucesivamente. Medir los tirantes respectivos (y_1) y (y_2).



Figura 2. Fijar el canal con $S < 0.0025$



Figura 3. Conectar el control de nivel al tablero de control.



Figura 4. Abrir la válvula de control y accionar (botón verde).

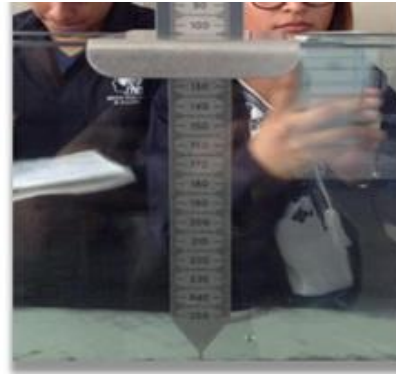


Figura 5. Medir el tirante aguas arriba y aguas abajo.



Figura 6. Registrar el caudal en la pantalla de control

7. Cálculos y resultados

Datos:

Temperatura del agua 20°C

Viscosidad cinemática del agua=1.007x10⁻⁶ m²/seg

So=0.00115

b=8.7 cm

Los elementos medidos en el canal y los elementos estimados para cada ensayo se presentan tabulados. Ver Tablas 1 y 2

Tabla 1. Elementos hidráulicos medidos del canal

No	Elementos medidos			
	Y ₁ (m)	Y ₂ (m)	Q (m ³ /seg)	So
	2	3	4	5
1	0.0533	0.0510	0.0020	0.00115
2	0.0472	0.0439	0.0014	0.00115
3	0.0360	0.0333	0.0007	0.00115

Tabla 2. Variables hidráulicas calculadas

No.	Elementos calculados										
	Y _m (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/seg)	Re	Fr	n	C	f	Ch
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0522	0.0042	0.1843	0.023	0.479	43106	0.670	0.006	94.0	0.009	237.3
2	0.0456	0.0036	0.1711	0.021	0.384	32502	0.575	0.007	77.6	0.013	197.7
3	0.0347	0.0028	0.1493	0.019	0.253	18624	0.433	0.009	54.6	0.026	141.6

Tabla 3. Tipos de flujo de los respectivos ensayos

No. Ensayo	TIPOS DE FLUJO			
	Viscosidad	Gravedad	Espacio	Tiempo
	17	18	19	20
1	Turbulento	subcrítico	Gradual variado	no permanente
2	Turbulento	subcrítico	Gradual variado	no permanente
3	Turbulento	subcrítico	Gradual variado	no permanente

Discusión de resultados y conclusiones

Al realizar el experimento hay que verificar las condiciones del canal y de la compuerta completamente abierta. Se debe dar una cierta tolerancia de tiempo al fluido después de cada aforo (1min), ya que el nivel del tirante puede variar cuando el flujo esta alterado.

Como se observó el flujo uniforme es muy difícil de establecer, se necesita una pendiente muy suave y suministro de gasto constante. Los tirantes aguas arriba y

aguas abajo no son iguales, en general siempre tenemos una mínima diferencia. Realizar promedio de tirantes para ajustar el flujo uniforme.

El coeficiente de fricción de Chezy. En los cálculos se observó que:

- El coeficiente “C” es proporcional a la velocidad e inversa al radio hidráulico y la pendiente.
- No toma en cuenta la viscosidad del agua
- No toma en cuenta la aceleración de la gravedad

Comparando con las fórmulas de Cutter y Bazin:

F. de Cutter: Considerando un valor de $m=0.010$ para superficies lisas

$$C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} = \frac{100\sqrt{0.0229}}{0.010 + \sqrt{0.0229}} = \frac{15.13}{0.1613} = 93.74$$

F. de Bazin: considerando un valor de $m=0.11$, para superficies lisas

$$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}} = \frac{87}{1 + \frac{0.11}{\sqrt{0.0229}}} = \frac{87}{1.0018} = 86.84$$

Los resultados de valores de “n” de Manning estimados están muy cercanos a los obtenidos experimentalmente para la condición mínima para vidrio de 0.005-0.009. Esto se debe a que el canal tiene paredes y fondo muy lisos.

Es de identificar algunas limitaciones en la aplicación de la fórmula de Manning

- El coeficiente “n” no es adimensional, depende del radio, la velocidad y la pendiente.
- No considera la influencia de la viscosidad. Solo válida para números de Reynolds ($Re > 10000$)
- No considera la influencia de distintas rugosidades. La rugosidad es constante
- No toma en cuenta la aceleración de la gravedad.

Los coeficientes de Darcy Weisbach y Hazen Williams se obtiene como una aplicación de sus respectivas formulas, pero no se cuenta con tablas experimentales para canales.

En la tabla 2 el comportamiento de los coeficientes de Manning y Darcy Weisbach disminuyen su valor a medida que sube la velocidad media, en cambio los coeficientes de Chezy y Hazen-Williams aumentan su valor a medida que sube la velocidad media.

Por medio de esta práctica podemos clasificar el flujo de acuerdo con el número de Reynolds y con el número de Froude, ya que al conocer el valor de los números de dichos autores se dan parámetros para determinar el tipo de flujo.

De acuerdo al número de Reynolds llegamos a la conclusión de que el flujo es Turbulento en los ensayos em todos los ensayos, $Re \geq 2000$. En cuanto al flujo laminar se necesitan tener tirantes muy pequeños para que se presente.

De acuerdo al número de Froude llegamos a la conclusión de que el régimen del flujo es subcrítico en todos los ensayos $Fr < 1$.

Referencias

Chow, V. T. (1994). Hidráulica de canales abiertos. Mc Graw Hill.

Gardea Villegas, H. (1999), Hidráulica de canales, 3ª. Edición. Fundación ICA, Facultad de Ingeniería UNAM.

L. Streeter, V., Wylie, E. B., & W. B. K. (2000), Mecánica de los fluidos 9ª. Edición. Mc Graw Hill

Sotelo, Á. G. (1997). Apuntes de Hidráulica II, México, Facultad de ingeniería, UNAM

Sotelo, Á. G. (2002). Hidráulica de canales, México, Facultad de ingeniería, UNAM

Zúñiga, M. D. (2018). Apuntes de Hidráulica de canales. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL CANAL PERRITOS, MUNICIPIO DE MIACATLÁN, ESTADO DE MORELOS.

J.M. Ramírez Cuevas¹, y D. Zúñiga Malpica¹, M. Zúñiga Ortiz¹

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- jose.rc@zacatepec.tecnm.mx
david.zm@zacatepec.tecnm.mx, zunigaortizm32@gmail.com

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: El presente estudio presenta el Análisis Hidráulico del canal perritos, Municipio de Miacatlán en el estado de Morelos, que consiste en determinar las condiciones de funcionamiento hidráulico que se pueden presentar a lo largo de los 6560 metros de longitud del canal. El propósito del presente estudio es revisar las condiciones críticas del flujo y como impactan con el estado físico actual que presenta el canal, verificando la pendiente hidráulica, el tirante, la velocidad, la carga de velocidad y la energía hidráulica para garantizar la operación y el funcionamiento adecuado.

Introducción.

El estudio está referido a datos proporcionados por el reciente estudio hidrológico sobre el río Tembembe de fecha 20 de marzo de 2022. El estudio hidrológico se realizó por encargo de La Comisión Estatal del Agua del estado de Morelos, quién ha planteado la necesidad de proteger el canal principal el cual deriva de la presa derivadora “Los Perritos” en las coordenadas UTM (467740.96, 2079219.37), el canal inicia su trayectoria en una longitud de 200.00 metros sobre la margen izquierda del río Tembembe el cual se encuentra expuesto al presentarse en temporada de lluvias una avenida extraordinaria en el río, ocasionado el efecto de socavación y en ocasiones erosión en la margen izquierda del río Tembembe, provocando daños a la infraestructura del canal principal. La cuenca del río Tembembe pertenece a la nación y es considerado un Bien Nacional el cual su administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), las aguas de este río, son derivadas con la presa “perritos” a través del canal principal perritos. La administración del canal los Perritos pertenece al Distrito de Riego 16 adscrito a la CONAGUA. Este río es afluente a la laguna “El Rodeo”, mediante el canal “perritos” se desvía el agua del río para llenar la presa. Esta unidad cuenta con una superficie de riego de 1362 hectáreas, con un padrón de usuarios cercano a más de 1200 personas; por lo que es sumamente importante contar con un uso adecuado y eficiente de la estructura del canal.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para el análisis hidráulico se usará el Método del paso directo. El método del paso directo se caracteriza por dividir el canal en tramos entre secciones y llevar a cabo el cálculo paso a paso desde un extremo del tramo hasta el otro. Existe una gran variedad de métodos de estimación del perfil de la superficie libre del agua. En este método, por ejemplo, se utiliza la ecuación de la Energía (Teorema de Bernoulli) aplicada entre dos secciones de un canal de rugosidad uniforme. Obtiene el cálculo directo de la distancia que separa dos secciones: una de tirante previamente

calculado y la otra de tirante estimado dentro de un intervalo en que varía. La longitud entre las dos secciones debe ser estimada, de acuerdo con la distancia del tramo en que deba efectuarse el cálculo. La figura 1 ilustra un tramo de canal corto de longitud.

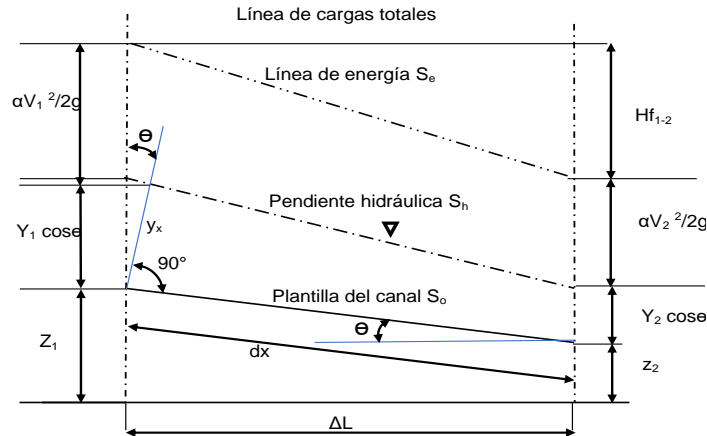


Figura 1. Perfil de flujo gradualmente variado

Al igualar las alturas totales en los extremos de las secciones 1 y 2, considerando que la pendiente del fondo es pequeña el $\cos \theta = 1$ e igualando el desnivel con la diferencia de energía más pérdidas de carga en el tramo se tiene:

$$\Delta z = \Delta E + hf_{1-2} \quad (1)$$

Si la pendiente S_o es pequeña entonces $dx = \Delta L$, $S_o = \text{tg} \theta = \frac{\Delta z}{\Delta L} \therefore \Delta z = \Delta L S_o$

$$S_e = \text{tg} \phi = \frac{hf_{1-2}}{\Delta L} \therefore hf_{1-2} = \Delta L S_e$$

sustituyendo:

$$\Delta z = \Delta E + hf_{1-2} \Rightarrow \Delta L S_o = \Delta E + \Delta L S_e$$

$$\Delta E = \Delta L S_o - \Delta L S_e = \Delta L (S_o - S_e)$$

$$\Delta L = \frac{\Delta E}{S_o - S_e} \quad (2)$$

Donde:

y = Profundidad o tirante del flujo en m; V = Velocidad media en m/s

α = Coeficiente de energía (considerar $\alpha=1$); S_o = Pendiente de fondo

S_e = Pendiente de energía

El valor promedio de S_e se denota mediante S_{em} . Cuando se utiliza la ecuación de Roberto Manning, la pendiente de energía es obtenida de la fórmula que presentó en 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning (1816-1897) [4]:

$$V = \frac{Cm}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3)$$

Donde:

V= Velocidad media (m/s)
 (Cm=1.0m^{1/3}/s. Sistema métrico) o (Cm=1.49 pies^{1/3}/s. Sistema ingles)
 R= Radio hidráulico (m)
 S= Pendiente hidráulica (adimensional)
 n= Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

$$S_e = \left(\frac{n V}{C_m R^{2/3}} \right)^2 \quad (4)$$

Resultados y Discusión.

El estudio comprende el análisis hidráulico para determinar del perfil de la superficie libre del agua tomando en cuenta las condiciones topográficas y geometría existentes del canal revestido de concreto.

Perfil de la superficie libre condiciones existentes

El canal perritos es un canal de sección hidráulica variable conduce un gasto de diseño de 10.2 m³/s, con un ancho de plantilla que varía de 2.2106 m en la sección aguas abajo km 6+560.00 (figura 2) y con un ancho de plantilla de 3.6636 m en la sección aguas arriba km 0+000.00 (figura 3), los taludes de las paredes del canal varían de sección a sección a lo largo del canal, pendiente longitudinal del canal S_o = 0.00058. el valor del coeficiente de Manning n =0.017 (Ven Te Chow). El perfil de la superficie libre del agua a lo largo del canal está condicionado por la caída del canal, localizada en la sección extrema aguas abajo en la sección km 6+560. Se supone que el extremo de aguas arriba del perfil es igual a una profundidad 1% mayor que la profundidad normal. La elevación del fondo de la caída corresponde a 1091.43 msnm. El tirante normal y_n=2.038m y el Tirante crítico y_c=1.3029m.

Fronteras de análisis

La frontera aguas abajo se encuentra justo en la caída que corresponde al tirante crítico y_c=1.3029m. La estructura de control es localizada donde termina el canal perritos y corresponde a una caída vertical localizada debajo del puente de la carretera estatal Alpuyeca-Miacatlán. La frontera aguas arriba es considerada en un tirante 1% mayor que y_n, es decir y=1.01(y_n)=1.01x2.038=2.058m.

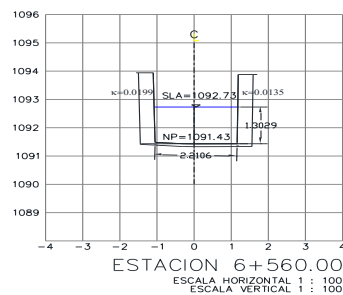


Figura 2. Termino del canal perritos Km 6+560.00. CONAGUA. Puente de la carretera Estatal Alpuyeca-Miacatlán.

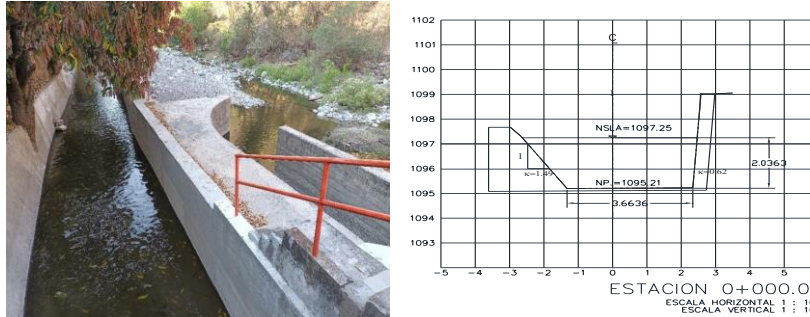


Figura 3. Inicio del canal perritos Km 0+000.00. Presa derivadora perritos CONAGUA

Análisis Hidráulico.

El cálculo hidráulico se realiza de aguas abajo hacia aguas arriba a partir de la caída donde $y_c=1.3029\text{m}$. Para el análisis se aplicará la expresión de Daniel Bernoulli entre las secciones transversales del canal, para estimar la pendiente de energía se usará la fórmula de Roberto Manning, partiendo del cadenamamiento Km 6+560 proponiendo tirantes entre 1.3029m y 2.058m.

Tirante normal.

Para estimar el tirante normal (y_n) se tomó la sección media en toda la longitud del canal que corresponde al Km 3+280.00. Como datos se tiene que: $b=3.4936$; $k_1=0.4545$; $k_2=0.3793$, y $CP=1093.68$ msnm. Por lo que el cálculo resulta:

Elementos geométricos

$$A = by + \frac{k_1 y^2}{2} + \frac{k_2 y^2}{2} = 3.4936y + \frac{(0.4545)y^2}{2} + \frac{(0.3793)y^2}{2}$$

$$P = b + y\sqrt{1 + k_1^2} + y\sqrt{1 + k_2^2} = 3.4936 + y\sqrt{1 + (0.4545)^2} + y\sqrt{1 + (0.3793)^2}$$

Aplicando expresión de continuidad y Manning

$$Q = VA \quad Q = \frac{Cm}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad \text{de donde} \quad \frac{Qn}{CmS^{1/2}} = AR^{2/3} \quad (\text{factor de sección})$$

Sustituyendo datos proponiendo valores del tirante y :

$$\frac{(10.2\text{m}^3/\text{seg})(0.017)}{(1.0\text{pies}^{1/3}/\text{seg})(0.00058)^{1/2}} = \frac{(3.4936y + \frac{(0.4545)y^2}{2} + \frac{(0.3793)y^2}{2})^{5/3}}{(3.4936 + y\sqrt{1 + (0.4545)^2} + y\sqrt{1 + (0.3793)^2})^{2/3}}$$

$$= 7.20\text{m}^{8/3}$$

La igualdad que cumple al factor de sección, resulta el $y_n=2.038\text{m}$

Tirante crítico

El flujo con descarga libre (caída) tiene un caudal de diseño 10.2 m³/s. Los elementos geométricos del canal en la sección de control son: b=2.2106m; n=0.017; k₁=0.0199; k₂=0.0135, y CP=1091.43 msnm, teniendo con esto:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B}$$

Sustituyendo datos y formulas de la geometría del canal:

$$\frac{(10.2\text{m}^3/\text{seg})^2}{9.81\text{m}/\text{seg}^2} = \frac{\left(2.2106y + \frac{(k_1)y^2}{2} + \frac{(k_2)y^2}{2}\right)^3}{(b + k_1y + k_2y)}$$

$$10.6\text{m}^5 = \frac{A^3}{B} = \frac{\left(2.2106y + \frac{(0.0199)y^2}{2} + \frac{(0.0135)y^2}{2}\right)^3}{(b + 0.0199y + 0.0135y)}$$

Con el valor del tirante y=1.3029m cumple la igualdad, es decir y_c=1.3029m

$$V_c = \frac{Q}{A_c} = \frac{10.2\text{m}^3/\text{seg}}{\left(2.2106y + \frac{(k_1)y^2}{2} + \frac{(k_2)y^2}{2}\right)} = 3.54\text{m}/\text{seg}$$

$$\frac{V_c^2}{2g} = \frac{(3.54\text{m}/\text{seg})^2}{2(9.81\text{m}/\text{seg}^2)} = 0.6269\text{m}$$

$$E_c = y_c + \frac{V_c^2}{2g} = 1.3029\text{m} + 0.6269\text{m} = 1.9298\text{m}$$

Perfil de la superficie libre del agua

Las características del perfil de la superficie libre del agua están en función del control aguas abajo (caída libre estación 6+560.00). Por lo tanto, el sentido de cálculo para determinar el perfil será de aguas abajo hacia aguas arriba a partir de la caída. Figura 4

1.- Tipo de perfil:

Para conocer el tipo de perfil en la gráfica de clasificación de perfiles (figura 185, Libro Hidráulica de canales, David Zúñiga Malpica) entrando con:

- (y_n>y_c) por que y_n=2.038m y y_c=1.3029m, además existe una pendiente suave.
- (y>y_c) y (y_n>y) o sea (y_n>y>y_c); se concluye entonces que el perfil se encuentra en la zona dos y por lo tanto el perfil es M₂

2.- El cálculo hidráulico se presenta en la figura 5 y 6 que corresponden a unas tablas de cálculo. Se inicia con el tirante crítico en el km 6+560 y para los demás cadenamientos proponer tirantes mayores al y_c ; y menores de $y=2.058\text{m}$. El cálculo se realiza a partir de la caída hacia aguas arriba.

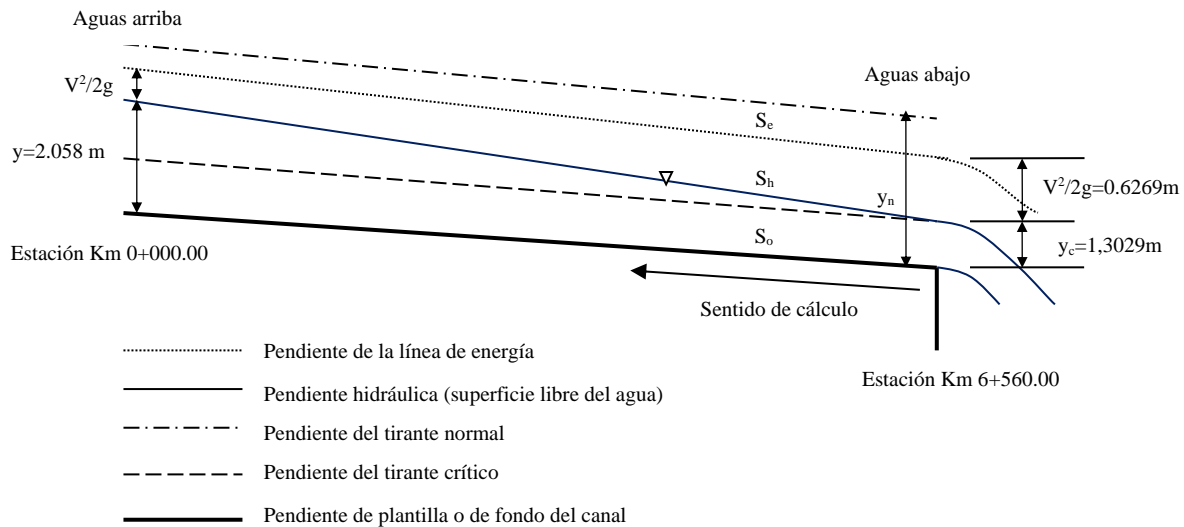


Figura 4. Perfil antes de una caída en un canal trapecial sección crítica km 6+650

Conclusiones.

La presa derivadora perritos presenta azolves que afectan el funcionamiento del canal de llamada que comunica al canal perritos, esto complica la entrada sobre todo en época de avenidas máximas extraordinarias, ocasionando desbordes sobre la corona derecha del canal del km 0+000.00 al km 0+200.00.

Es posible de revisar el funcionamiento hidráulico del canal de llamadas; de tal manera que proponga un tanque de entrada con mayor capacidad para que encause la corriente del río hacia el canal perritos

Solicitar a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), un estudio en un modelo matemático o en modelo físico reducido a escala para resolver de manera correcta el desazolve, el encauzamiento del río al canal y en general el funcionamiento hidráulico considerando el tirante asociado del río Tembembe y el canal perritos (obra de toma). Considerando que los estudios matemáticos, o en modelos físicos reducidos permitirían conocer más a detalle este tipo de problemas.

Es posible proponer obras de desazolve, estructuras hidráulicas de proyección marginal y de encauzamiento para transitar de mejor manera las avenidas del río y parte de esta corriente al canal, sin embargo, la solución más acertada será la que reporten los estudios del modelo hidráulico que sea considerado.

La velocidad media del flujo mínima es de 0.862 m/s ., que corresponde al inicio del canal km 0+000.00 y la máxima es de 4.146 m/s en el km 3+360.00

La carga de velocidad es mínima del km 0+000.00 al km 1+380.00. Así como también, la carga de velocidad mínima ocurre del km 5+940.00 al km 6+540. Justo donde se pueden presentar desbordamientos para caudales mayores a $10.5\text{m}^3/\text{s}$.

El análisis hidráulico con un caudal de $10.2\text{ m}^3/\text{s}$ en general no presenta desbordamiento a lo largo de los 6560.00m, además de contar con bordo libre mínimo de 0.27 en el km 3+120.00 (obra de toma abastecimiento de agua Xochicalco), de 0.33m en el km 1+360.00.

Se recomienda sobre-elevar 20cm la corona del hombro derecho del km 3+000.00.00 al km 3+120.00 y del km 1+280.00 al km 1+420.00

Con esto se puede también concluir que con las fórmulas citadas e hidráulicas es posible determinar valores importantes como tirantes, gastos, velocidades, coeficientes de rugosidad, energía cinética y específica, secciones, etc., siendo de gran ayuda y apoyo en problemas de este tipo y en general de la hidráulica de canales.

Referencias

Chow, Ven Te., Hidráulica de canales abiertos, Mc Graw Hill, 1994

Gardea, Villegas Humberto. (1999), Hidráulica de canales, 3ª. Edición. Fundación ICA, Facultad de Ingeniería UNAM

L. Streeter, Victor, Wylie E. Benjamin y W. Bedford Keith. (2000), Mecánica de los fluidos 9ª. Edición. Mc Graw Hill

Silvestre Paschoal (1983), Fundamentos de Hidráulica General, LIMUSA

Sotelo, Ávila Gilberto, Apuntes de Hidráulica II, México, Facultad de ingeniería, 1997 UNAM

Sotelo, Ávila Gilberto, Hidráulica de canales, México, Facultad de ingeniería, 2002 UNAM

Zuñiga, Malpica David, Apuntes de Hidráulica de canales, México, Instituto Tecnológico de Zacatepec, 2018 Tecnológico Nacional de México TECNM

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

CONSTRUCCIÓN DE BORDOS Y TERRAPLENES KM 5+200 AL KM 5+620 EN MARGEN DERECHA RÍO YAUTEPEC, TICUMAN, MUNICIPIO DE TLALTIZAPAN, MORELOS.

J.M. Ramírez Cuevas¹, y D. Zúñiga Malpica¹

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- jose.rc@zacatepec.tecnm.mx
david.zm@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: La información presentada en el siguiente artículo aborda el proceso constructivo de la construcción de bordos y terraplenes del km 5+200 al km 5+620 del río Yautepec, localizado en la comunidad de Ticumán, Municipio de Tlaltizapán, estado de Morelos, proyecto derivado del plan de acciones de mejoramiento para mitigar la problemática y consecuencias derivadas del desbordamiento del río Yautepec. El presente trabajo expone la solución técnica de protección de la margen derecha del río para evitar la constante amenaza de inundación a las comunidades de la zona. Esta es una medida estructural que se propone como una forma de resolver o disminuir los efectos presentados en la zona de inundación del río Yautepec, evitando con ello pérdidas materiales y posibles pérdidas humanas. La construcción de bordos y terraplenes con tapetes de concreto flexible puede ser tomado como ejemplo para ser aplicado en otros puntos críticos de inundación del cauce del río Yautepec y en general en cualquier otro cauce con características hidráulicas semejantes

Introducción.

El sitio del proyecto que nos ocupa se localiza en la margen derecha del fraccionamiento Colonos de Ticumán, municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos. La superficie de la cuenca sujeta a inundaciones tiene un área estimada de 20 km², el 70% corresponde a los ejidos de Ticumán, Bonifacio García y Temilpa Viejo. El 30% de la zona se ubican las comunidades de Ticumán, Col. Bonifacio García y Temilpa viejo, así como también los balnearios, parque acuático natural las “Estacas” y Santa Isabel. La actividad económica de la región depende principalmente del comercio y el turismo. Estas actividades se ven frecuentemente paralizadas por las inundaciones producidas en época de lluvias en la parte baja de la cuenca en los municipios de Yautepec, Tlaquiltenango y Tlaltizapán, provocando un retraso en el desarrollo económico de la zona, y la degradación de áreas de cultivo, afectando con ello la calidad de vida de sus habitantes (Zúñiga, 2010).

En la construcción de bordos y terraplenes el principal objetivo es retener y encauzar los gastos excedentes del cauce y evitar inundaciones, por ello es necesario definir la magnitud de alcance de la obra y las características de protección que debe cumplir (Téllez, 2012).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Antecedentes

La ejecución de los trabajos de bordos y terraplenes toma como referencia al estudio y proyecto ejecutivo de mejora y protecciones marginales en tramos diversos del río

Yautepec realizado en el año 2008 por la Dirección de Infraestructura Hidroagrícola, Organismo de cuenca Balsas CONAGUA.

La cuenca del río Yautepec, hasta la estación hidrométrica Ticumán tiene un área de 964 km². La longitud del cauce principal es de 65 Km. de los cuales 20 Km pertenecen a la zona baja en donde al menos en un tramo de 8 Km se presenta el desbordamiento del río ocasionando problemas de inundación en una superficie estimada de 15 a 20 km² (Zúñiga, 2010). De acuerdo con datos de aforo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), gerencia regional del Balsas (Estudio Hidrológico de fecha 4 de junio 1999) se tienen registros desde 1953, El 29 septiembre 1998 se presentó un gasto máximo de 476.06 m³/s, con escala de 10.32 m. (figura 1).

A solicitud de las comunidades, la CONAGUA generó el Proyecto ejecutivo del río Yautepec que contempla 28 km de cauce principal (tramo de comunidades afectadas de Yautepec, Tlaltizapán y Tlaquiltenango).



Figura 1. Avenida máxima río Yautepec $Q=476.06$ m³/s Escala 10.32 m. Estación hidrométrica Ticumán.

Problemática

Dentro de las principales variables que intervienen en el desbordamiento del río Yautepec se tienen: (Zúñiga, 2010)

- Aportaciones pluviales por precipitaciones y cambio de uso del suelo.
- Depósito, erosión y socavación de material (el cauce del río es sinuoso).
- Taponamientos por basura doméstica e industrial y árboles en el cauce.
- Invasión de zona federal del río.
- El puente vehicular carretera Jojutla –Yautepec libramiento Ticumán no tiene capacidad necesaria para permitir el paso libre de una avenida máxima.

Características de la Cuenca

La cuenca del río Yautepec queda comprendida en la región hidrológica No.18 (Río Balsas) y se ubica entre los paralelos 18°47'30" de latitud norte y el meridiano 98°38'00" de longitud oeste. El río Yautepec nace en las faldas del volcán Popocatepetl, en el pico del fraile conocido como cañada Nexpayantla, cruza el poblado de Ozumba del estado de México, de donde se conoce como barranca de Ozumba, pasa por el poblado de Atlatlahuacan con el nombre de barranca el salto, a partir de Oaxtepec se le conoce como río Yautepec; este río, actualmente ha perdido su cauce natural debido principalmente al depósito del transporte de

sedimentos. Estas condiciones y la pendiente mínima del cauce han permitido el depósito de sedimentos (Zúñiga, 2010).

Topografía

La topografía de la cuenca se puede localizar en cartas topográficas escala 1:50000 del INEGI: Milpa alta E14A49, AmecamecaE14B41, Cuernavaca E14A59, Cuautla E14B51 (Zúñiga, 2010).

Climatología e hidrometría

En la cuenca se localizan 12 estaciones climatológicas con registros de precipitación y evaporación desde 1961. Cuenta con 2 estaciones hidrométricas, la primera en Yautepec (cruce del río con vía ferrocarril Puente de Ixtla-Cuautla), la segunda estación hidrométrica en Ticumán (cruce del río con carretera estatal Yautepec-Jojutla) (Zúñiga, 2010).

Avenida máxima de diseño

En el estudio hidrológico realizado por encargo de la Dirección hidroagrícola de la CONAGUA se obtiene la simulación de avenidas del cauce para diferentes periodos de retorno del río Yautepec. Con la ayuda de métodos hidrológicos se calibro los resultados del programa de simulación, para el proyecto se considera un gasto de avenida máxima de $Q=224.45 \text{ m}^3/\text{s}$ (Fuentes, 1999).

Descripción del sistema de construcción adoptado

Los bordos son estructuras hidráulicas, construidas de materiales naturales cuya función es encauzar un río y confinar su escurrimiento para evitar que el agua sobrepase los niveles normales y llegue a causar inundaciones, se construyen principalmente en zonas que sufren de inundaciones periódicas. Su principal objetivo es proteger la vida de las personas y bienes de la población. Los recubrimientos son las protecciones que se utilizan en los taludes de los bordos para protegerlos contra la erosión y socavación de márgenes de los ríos (Téllez, 2012). Para el análisis y diseño de los bordos se procede en etapas: características del cauce y zona de protección; características hidráulicas; tirantes asociados a gastos y períodos de retorno; diseño preliminar de las secciones transversales y longitud de los bordos; análisis de estabilidad de taludes y flujo interno, análisis de factibilidad y dimensionamiento final, tratamientos preventivos y procedimiento constructivo. Como los bordos son obras construidas directamente en los ríos deben conocerse muy bien las características fluviales del cauce (Téllez, 2012).

La protección en bordos para evitar la socavación y erosión consisten en colocar concreto en forma de tapetes flexibles (figura 2), que son de bloques de concreto pequeños que van unidos con cables no metálicos formando lienzos del tamaño que se necesite para cubrir la estructura. Las características de los tapetes varían dependiendo del fabricante (Contech, 2022). Los tapetes de concreto flexible se colocan acompañados de una membrana geotextil (malla anti-socavación), que permite el paso del agua manteniendo en su lugar el material de las márgenes y/o bordo evitando las fallas por deformación y ayudando a la estabilidad del talud

(Téllez, 2012) (figura 3); estos tapetes son un recubrimiento de forma rectangular integrado por elementos de concreto monolítico, que debe tener una estructura dinámica y flexible, fabricado con componentes de alta resistencia y que siempre estará siguiendo la superficie del banco de material que protege para contrarrestar la erosión del terreno de las corrientes fluviales, oleaje y golpes de agua, en riberas, playas y en obras como canales, túneles, presas, puentes, etc. (CNA-IMTA, 2000).



Figura 2. Tapete de concreto contra erosión de corrientes. CONTECH.



Figura 3. Tapete de concreto control de erosión en ríos. Sistema Armoflex.

Tapete de concreto

El sistema ArmorFlex® consiste en una matriz flexible de bloques de concreto prefabricados con tamaño, forma y peso uniformes usados generalmente para el control de erosión en ríos y canales. Los bloques ArmorFlex tienen capacidades hidráulicas específicas y se amarran longitudinalmente con acero galvanizado, acero inoxidable o cables de revestimiento de polyester que proveen un fácil manejo e instalación. Tabla 1.

Tabla 1 Características tapetes flexibles del grupo Elther, (Sub Marelher)

Tapete de concreto tipo Armorflex 205	
Dimensiones	2.4mx6.2mx0.115m (8´x20´x9´)
integrado por	160 elementos de concreto monolítico
Peso en tierra	4,762.72 kg. (10500 lbs.)
Peso sumergido en agua	2,721.55 kg. (6000 lbs)
Densidad del concreto	2,322 kg/m ³ (145 lbs/ft ³)
Resistencia del concreto	281.22 kg/cm ² (4000 lbs/in ²)
Cable estructural	Acero galvanizado 3/8
Resistencia de la cuerda	4,762 kg. (10500 lbs)

El Sistema ésta compuesto de:

- Talud estable y compactado (material de banco seleccionado)
- Geotextil diseñado de acuerdo al Proyecto Armorflex / Armorloc figura 4 (Contech, 2022)
- Relleno opcional



Figura 4. Sistema Armoflex / Armorloc

Resultados y Discusión.

Procedimiento constructivo de bordos y colocación de recubrimientos

Se sugiere depositar el material de banco en capas de alrededor de 30 a 50 cm de espesor, con riegos de aspersión para alcanzar una humedad óptima; está se debe realizar dependiendo de las características del material y condiciones del terreno. Para determinar el espesor de las capas, el número de pasadas del compactador y la densidad especificada, se realiza la prueba Proctor de laboratorio sugerida por CONAGUA. A continuación, y como proceso constructivo se tienen las siguientes actividades:

1. Inspección de campo.
2. Apertura y construcción de terracerías en caminos de acceso.
3. Limpieza del tramo
4. Desvío del río, para facilidad de los trabajos.
5. Limpieza y despalme de taludes conforme a niveles de proyecto.
6. Trazo y nivelación del tramo (figura 5); así como relleno y compactación del talud del terraplén con material de banco (figura 6).



Figura 5. Trazo y nivelación.



Figura 6 Compactación de bordos y terraplenes.

7. Con el terraplén compactado se afine la superficie con arena cernida.
8. Nivelación de la corona del terraplén.
9. Compactación de la corona del bordo.
10. Excavación de cepa en la corona del bordo.

11. Colocar sobre la superficie del talud una malla anti-socavación (geotextil). (figura 3).
12. Colocar el tapete de concreto de arranque a partir de una trinchera de anclaje en el fondo (figura 7).
13. Colocar los tapetes sobre el talud iniciando con apoyo de tapetes de anclaje. (figura 8).
14. En la corona del bordo o terraplén anclar los tapetes a 90° dentro de una zanja
15. Relleno y compactación de zanja del coronamiento con material de banco.
16. Con herramientas manuales alinear los tapetes y amarra los mismos con su sistema de cables.
17. Rellenar los huecos de separación entre tapetes de concreto con resistencia $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$
18. En el inicio y terminación de terraplén anclar el tapete en ángulo de 45° y unión de cuñas entre tapetes (figura 9).
19. Obra terminada (figura 10).



Figura 7. Colocación de tapetes en talud del terraplén.



Figura 8. Alineación y amarre de tapetes



Figura 9. Unión de cuñas entre tapetes con concreto simple 250 kg/cm^2



Figura 10. Panorámica obra terminada

Conclusiones.

Es de suma importancia que en las obras de protección contra inundaciones; así como en la seguridad de protección en las márgenes de ríos, canales y arroyos se tome en consideración los estudios hidrológicos para conocer las características de la cuenca y contar con la información que permita considerar los mejores criterios y procedimientos de construcción en este tipo de trabajos.

Para la protección del río Yautepec ante la constante amenaza de inundación a las comunidades de la zona, esta obra es una medida estructural propuesta como una forma de resolver o minimizar los efectos presentados en la zona de inundación del río Yautepec, evitando con ello pérdidas materiales y posibles pérdidas humanas. La construcción de bordos y terraplenes con tapetes de concreto flexible puede ser tomado como ejemplo para ser aplicado en otros puntos críticos de inundación del cauce del río Yautepec.

Se menciona el procedimiento constructivo llevado a cabo en esta obra de protección de las márgenes del río Yautepec. Por lo que la experiencia de esta obra permite entre otras cosas, informar a la comunidad en general, sobre el proceso constructivo de bordos y terraplenes con tapete de concreto al permitir la solución práctica y segura como medida estructural de protección contra inundaciones.

Es importante mencionar que la aplicación de bordos y terraplenes recubiertos con tapete de concreto flexible es una solución que tiene un costo elevado en relación con otros sistemas como muros de contención, sistema de gaviones, etc. Sin embargo, resulta ser la solución que mejor se comporta cuando en la corriente se tienen velocidades mayores a 5.0 m/s., que provocan erosión y socavación al pie de las estructuras. Los tapetes de concreto por su sistema integral de amarre y peso han resultado tener en la práctica mejores condiciones de estabilidad y permanencia en relación con otros métodos de recubrimiento de bordos

Algo interesante que puede ser considerado, es que los gobiernos municipales deben tener una iniciativa comprometida de participación al interior de las cuencas hidrológicas más allá de sus límites de división política, para comprender que los fenómenos hidrológicos deben ser tratados en proyectos integradores.

Referencias

- Aparicio, M. F. J. (2001). Fundamentos de hidrología de superficie, Limusa Noriega Editores.
- CNA-IMTA. (2000). "Protección y Control de Cauces". Subdirección General de Operación. Gerencia de Estudios y Proyectos de Infraestructura Hidroagrícola, Subgerencia de Operación.
- Contech (2022). Obras México. Construction Products Inc. Parque Industrial Apolo, Silao – Leon, Silao, Gto. <https://www.conteches.mx/obras-mexico/>
- Fuentes M. O. & Franco, V. (1999). Estudio Hidrológico para Obras de Protección, UNAM. Series del Instituto de Ingeniería, Publicación 613. México DF.
- García M., Maza J. (1997), Inicio de Movimiento y Acorazamiento, Capítulo 8 del Manual de Ingeniería de Ríos, Serie IINGEN, UNAM, México DF.
- INEGI (2023). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/>
- Téllez, Q. C. (2012). Criterios de análisis de falla en bordos de protección en ríos, Tesis Doctoral, Instituto de Ingeniería UNAM. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5284/tesis.pdf?sequence=1>

Zúñiga, M. D. (2010). Revista Digital Tlaloc AMH. Zona de inundación de la cuenca hidrológica del Río Yautepec. Asociación Mexicana de Hidráulica, edición 46. <http://amh.org.mx/wp-content/uploads/2018/10/Revista-46-BAJA.pdf>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE EGRESO DEL MÓDULO DE ESPECIALIDAD DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DEL ITZ

E. G. Carrillo Gonzalez¹, O. Román-Rosales¹, C. Bustos Mejía¹, F. Sánchez-Sánchez¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- erica.cg@zatapetec.tecnm.mx, oscar.rr@zacatepec.tecnm.mx, carlos.bm@zatapetec.tecnm.mx, felipe.ss@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: El programa educativo de Ingeniería Civil que se imparte en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) se encuentra acreditado por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI), con una vigencia del 6 diciembre 2021 al 5 de diciembre 2026. Debido a la constante actualización y seguimiento del Programa Educativo, para mantener la acreditación, se debe contar con un proceso sistematizado para valorar el desarrollo y logro de los atributos del egresado con un mecanismo eficaz de valoración, así como indicadores y metas que periódicamente muestren los resultados, en las asignaturas del Módulo de Especialidad del programa educativo de Ingeniería Civil.

Con la finalidad de sistematizar el proceso de evaluación continua para mantener la calidad de nuestro programa educativo, se han establecido rúbricas para la evaluación periódica y de forma continua, para medir la aportación de las cinco asignaturas que conforman del módulo de especialidad del programa educativo de Ingeniería Civil a los atributos de egreso de nuestro programa educativo.

Introducción.

Para poder mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, la carrera de Ingeniería Civil, impartida en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, cuenta con un módulo de especialidad llamado “Diseño Estructural” clave ICIE-DIE-2021-01, el cual está conformado por 25 créditos distribuidos en 5 asignaturas, las cuales son:

1. Geomecánica, créditos 5.
2. Diseño estructural de mamposterías, créditos 5.
3. Diseño estructural por sismo, clave: créditos 5.
4. Diseño estructural por viento, créditos 5.
5. Diseño infraestructura dañada, créditos 5.

Los estudios realizados por Gabriela Cortés (2019), describen a la “Evaluación del logro del perfil de egreso” como el desempeño esperado de un egresado de una licenciatura, la cual debe certificar el logro de las habilidades o atributos durante los procesos formativos distribuidos en sus diferentes materias o asignaturas, donde se ve reflejado el compromiso social de la institución educativa para lograr las competencias en el transcurso de un plan de formación académica.

Para que un estudiante adquiera las competencias establecidas en el perfil de egreso de cada universidad, o como las ha nombrado CACEI, atributos de egreso, debe existir un proceso formativo idóneo y coherente, el cual se debe expresar en

forma precisa y explícita. Por su parte CACEI clasifica a los tributos de egreso en 7 rubros (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Atributos de egreso de acuerdo a CACEI

1. Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando los principios de las ciencias básicas e ingeniería
2. Aplicar, analizar y sintetizar procesos de diseño de ingeniería que resulten en proyectos que cumplan las necesidades específicas
3. Desarrollar y conducir una experimentación adecuada, analizar e interpretar datos y utilizar el juicio ingenieril para establecer conclusiones
4. Comunicarse efectivamente con diferentes audiencias
5. Reconocer sus responsabilidades éticas y profesionales en situaciones relevantes para la ingeniería y realizar juicios informados que considere el impacto de las soluciones de ingeniería en los contextos global, económico, ambiental y social.
6. Reconocer la necesidad permanente de conocimiento adicional y tener la habilidad para localizar, evaluar, integrar y aplicar este conocimiento adecuadamente.
7. Trabajar efectivamente en equipos que establecen metas, planean tareas, cumplen fechas límite y analizan riesgos e incertidumbre.

De los 7 atributos de egreso que maneja CACEI, el módulo de especialidad de la carrera de Ingeniería Civil de nuestra institución, aportaran un nivel Alto a 3 ellos, que son el atributo 2, 4 y 7.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para medir la aportación de las asignaturas del Módulo de especialidad del programa Educativo de Ingeniería Civil, impartido en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, se analizaron los 7 atributos que marca CACEI, mostrados en la Tabla 1. Para hacer la valoración cuantitativa se diseñaron rúbricas de evaluación, con la finalidad de poder contar con un instrumento para medir continuamente la aportación de cada una de las 5 asignaturas que conforman el módulo de especialidad, y así poder establecer mecanismos de control para valorar y establecer una mejora continua en el proceso.

El formular uno o varios instrumentos de evaluación, coadyuva a valorar cuantitativamente la aportación de las asignaturas del módulo de especialidad a los atributos de egreso, de nuestros estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil.

Con el análisis de la información mediante gráficas, sirve para tener una visión más clara de la aportación de cada asignatura del módulo de especialidad, pues con la asignación de un logro cuantitativo, el análisis estadístico será más sencillo. Con estos mecanismos de evaluación periódica se pueden hacer propuestas de mejora continua, como sería el poder realizar un cambio en el instrumento de evaluación, si este no muestra de forma clara el nivel de logro del atributo de egreso.

Para esta investigación se estableció un proceso sistematizado para medir periódicamente la aportación de cada una de las 5 asignaturas del módulo de especialidad, a los atributos de egreso 2, 4 y 7. Para ello se concretaron los siguientes pasos:

- 1) Al inicio de cada semestre se le entrega al docente de la asignatura del módulo de especialidad, las rúbricas que aplicará para medir la aportación a los atributos de egreso 2, 4 y 7.
- 2) Se recaba la información obtenida de los docentes que impartieron la asignatura del módulo de especialidad al final del semestre para analizarla, procesarla y mostrarla mediante gráficos, el nivel de logro del atributo de egreso.
- 3) Se analiza la información para establecer un proceso de mejora. En caso de requerirse se pueden modificar las rúbricas, o si no volver a aplicar el paso 1, estableciendo un proceso sistematizado semestre tras semestre.
- 4) Se dan a conocer los resultados obtenidos para generar una mejora continua en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Una vez obtenidos los resultados de la aplicación de las rúbricas de evaluación, analizados los resultados y mostrando cuantitativamente la aportación, se establece un proceso de mejora continua, detectando áreas de oportunidades si es necesario.

Resultados y Discusión.

En este estudio se obtuvo lo siguiente:

- 1) Del análisis de las competencias de cada una de las asignaturas del módulo de especialidad de la carrera de Ingeniería Civil, se obtiene el nivel de aportación a los atributos 2, 4 y 7 mostrados en la Tabla 2

Tabla 2. Aportación de las asignaturas a los atributos de egreso de acuerdo a CACEI

Asignatura	ATRIBUTO 2			ATRIBUTO 4		ATRIBUTO 7		
	AE2-2A	AE2-2B1	AE2-2B2	AE4-4A	AE4-4B	AE7-7A	AE7-7B	AE7-7C
Geomecánica	ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Diseño estructural de mampostería	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Diseño estructural por sismo	ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Diseño estructural por viento	ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Diseño infraestructura dañada	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO

- 2) Se realizó el diseño de los instrumentos de evaluación, a través de rúbricas las cuales se utilizaron para medir la aportación de cada asignatura del Módulo de especialidad del programa educativo de Ingeniería Civil, a los Atributos de Egreso 2, 4 y 7, como se muestra en la Tabla 3
- 3) Se aplicaron los instrumentos de evaluación, en este caso las rúbricas y con los resultados de la valoración cuantitativa, se obtuvo el promedio de las asignaturas del módulo de especialidad, que se muestran en la figura 1.

Tabla 3. Rúbricas para evaluar los atributos de egreso

AE2 - CACEI					
Aplicar, analizar y sintetizar procesos de diseño de ingeniería que resulten en proyectos que cumplen las necesidades especificadas.					
AE - PE					
1. <i>Planea, proyecta, diseña, construye, opera y conserva obras hidráulicas y sanitarias, sistemas estructurales, vías terrestres, edificación y obras de infraestructura urbana e industrial para el desarrollo de la sociedad.</i> 5. <i>Administra proyectos para optimizar el uso de los recursos en el logro de los objetivos de las obras civiles.</i>					
CrITERIO	Indicador	Lo Supera (100)	Lo Logra (99 A 80)	Parcialmente Lo Logra (70 A 79)	No Lo Logra (<70)
AE2-2A. Aplica la normatividad o estándares vigentes a proyectos de ingeniería	2A. Aplica la normatividad o estándares vigentes relativos al proyecto	Contrasta distintas normatividades o estándares vigentes relativos al proyecto.	Aplica la normatividad o estándares vigentes relativos al proyecto.	Identifica sin aplicar las normas o estándares vigentes relativos al proyecto.	No identifica las normas o estándares vigentes relativos al proyecto.
AE2-2B Propone diferentes opciones de diseño y selecciona la más adecuada, presentando la solución mediante documentación técnica.	2B1. Propone opciones de diseño.	Propone opciones de diseño óptimas.	Propone opciones de diseño.	Describe opciones de diseño.	No propone, ni describe opciones de diseño.
	2B2. Evalúa las opciones de diseño.	Evalúa las propuestas de diseño justificando su alcance.	Evalúa las propuestas de diseño considerando los criterios adecuados.	Evalúa sin utilizar los criterios adecuados las propuestas de diseño.	No evalúa las propuestas de diseño.
AE4 - CACEI					
Comunicarse efectivamente con diferentes audiencias					
AE - PE					
7. <i>Utiliza tecnologías de la información y comunicación para la optimización de los proyectos de ingeniería civil</i>					
CrITERIO	Indicador	Lo Supera (100)	Lo Logra (99 A 80)	Parcialmente Lo Logra (70 A 79)	No Lo Logra (<70)
AE4-4A Redacta documentos académicos de manera clara y coherente.	4A. Redacta documentos académicos cuidando la claridad, coherencia y ortografía.	Redacta documentos académicos originales claros y coherentes, que integran el empleo de reglas gramaticales y ortográficas.	Redacta documentos académicos claros y coherentes, que incluyen las reglas gramaticales y ortográficas.	Realiza documentos académicos con claridad y coherencia insuficientes, en los cuales no se atienden las reglas gramaticales y ortográficas.	Redacta los documentos académicos, sin claridad ni coherencia, copiando textualmente las ideas de terceros sin darles el crédito adecuado y sin cuidar las reglas gramaticales y ortográficas básicas.
AE4-4B Expone oralmente de forma adecuada el desarrollo y resultados de un proyecto.	4B Expone oralmente sus ideas de manera fundamentada, con base en el tiempo que tiene disponible y muestra dominio del tema	Integra diversas estrategias que le permiten analizar la información relevante de un tema para preparar una exposición oral fundamentada y emplea eficientemente recursos corporales (tono y volumen de voz), que le permiten realizar exposiciones fluidas y muestra conocimiento del tema	Expone oralmente de manera fundamentada sus ideas, abordando cada tema con la profundidad adecuada, lo que muestra su dominio del tema y utilizando sus recursos corporales para apoyar lo que expresa y muestra conocimiento del tema	Explica oralmente un tema mostrando su conocimiento limitado sobre el tema y no se apoya en sus recursos corporales y muestra parcialmente conocimiento del tema	No explica oralmente de manera fundamentada sus ideas, ni muestra dominio del tema y no emplea sus recursos corporales y no responde a las preguntas del tema
AE7 - CACEI					
Trabajar efectivamente en equipos que establecen metas, planean tareas, cumplen fechas límite y analizan riesgos e incertidumbre.					
AE - PE					
2. <i>Dirige equipos técnicos para determinar la factibilidad ambiental, económica, técnica y social de los proyectos de obras civiles.</i>					
CrITERIO	Indicador	Lo Supera (100)	Lo Logra (99 A 80)	Parcialmente Lo Logra (70 A 79)	No Lo Logra (<70)
AE7-7A. Colabora en equipos disciplinarios	7A. Se integra en equipos disciplinarios	Dirige equipos disciplinarios	Se integra en equipos disciplinarios	Colabora en equipos disciplinarios realizando exclusivamente la tarea encomendada.	No colabora en equipos disciplinarios
AE7-7B Establece objetivos y metas para la resolución de un problema específico en fechas establecidas por el docente	7B. Establece objetivos y metas para la resolución de un problema específico.	Analiza y evalúa los objetivos y metas para la resolución de un problema específico.	Establece los objetivos y metas para la resolución de un problema específico.	Describe parcialmente los objetivos y metas para la resolución de un problema específico.	No es capaz de describir los objetivos, ni las metas para la resolución de un problema específico.
AE7-7C Cumple con los resultados en los tiempos establecidos.	7C. Cumple con la entrega de los resultados en el tiempo establecido.	Entrega los resultados anticipadamente a los tiempos establecidos.	Entrega los resultados en los tiempos establecidos.	Entrega parcialmente los resultados y fuera de los tiempos establecidos.	No entrega los resultados en los tiempos establecidos.

4) Se obtuvo el nivel de logro cuantitativo de los atributos 2, 4 y 7 (Ver figura 2) con los resultados obtenidos en el año 2022 de las asignaturas del módulo de especialidad.

No.	CLAVE	MATERIA	PROMEDIO enero-junio 2022	PROMEDIO agosto-diciembre 2022
1	DIF-2101	Geomecánica	82	86
2	DIF-2102	Diseño estructural de mampostería	86	83
3	DIF-2103	Diseño estructural por sismo	81	83
4	DIF-2104	Diseño estructural por viento	81	81
5	DIF-2105	Diseño infraestructura dañada	90	85

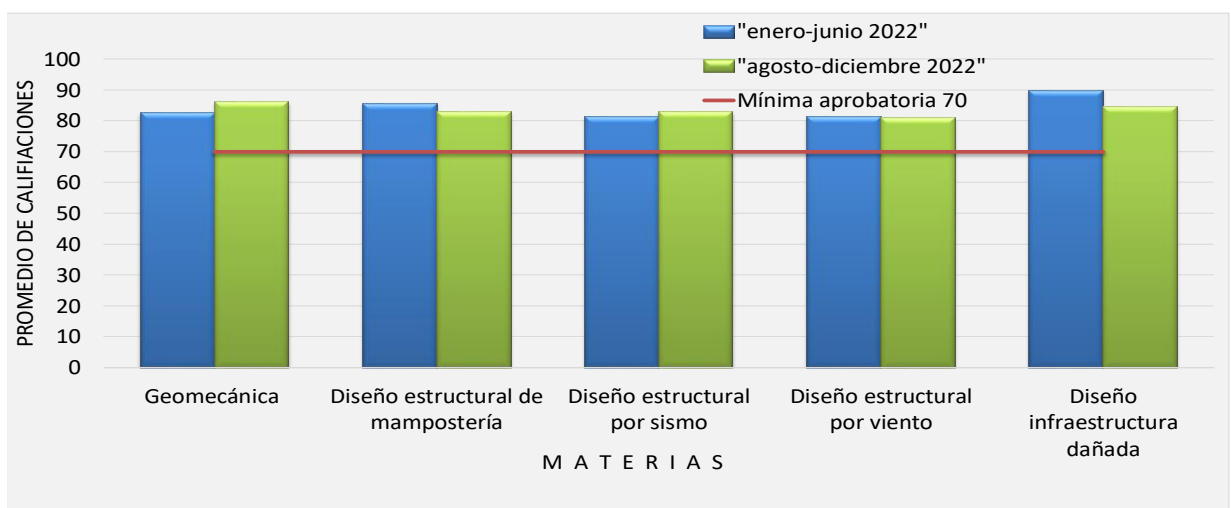


Figura 1. Calificación cuantitativa de las asignaturas del módulo de especialidad, año 2022

En la gráfica de la figura 2 podemos observar el nivel de logro cuantitativo del atributo 2, el cual alcanzó un promedio en el año 2022 de 85, en tanto que el atributo 4 obtuvo una valoración de 84, mientras que el atributo 7 obtuvo una calificación de 84 también. Cabe hacer mención que en nuestra institución la calificación mínima aprobatoria es de 70, en una escala de 0 a 100.

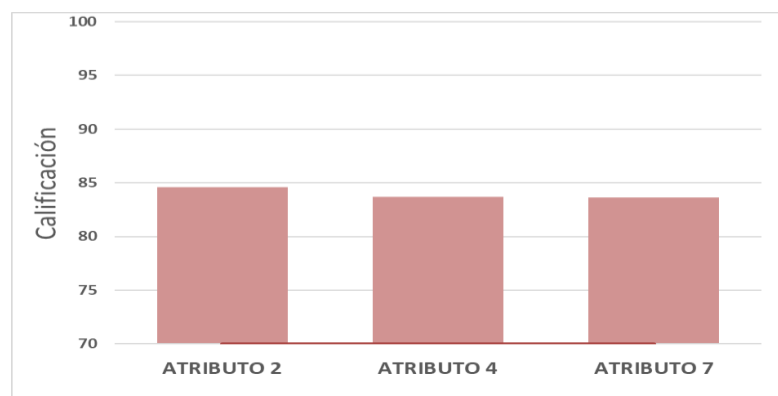


Figura 2. Nivel de logro cuantitativo de los atributos 2, 4 y 7

Conclusiones.

Esta investigación tiene como propósito generar un proceso sistematizado y periódico para valorar a través del diseño y aplicación de instrumentos de evaluación, la aportación de las 5 materias del módulo “Diseño Estructural”, de la carrera de Ingeniería Civil. Se está evaluando de forma cuantitativa, la aportación al logro de los atributos 2, 4 y 7 de egreso de la carrera y cómo podemos observar en la figura 2, el atributo 2 obtuvo un nivel de logro de 85, el atributo 4 de 84 y el atributo 7 un nivel de logro de 84 en promedio, durante el año 2022. Con esto se hace una valoración de aquellos aspectos que deben reforzarse para mejorar la valoración cuantitativa en el nivel de logro, pues como se dijo antes, el fin último es contar con mecanismos para la mejora continua de nuestro programa educativo y sobre todo de egresados de nuestra institución, logren alcanzar el más alto nivel de logro de cada uno de los atributos establecidos por CACEI. Cabe hacer mención que este trabajo puede ser un referente para la medición de los atributos de egreso de otras carreras o disciplinas.

Agradecimientos.

Agradecemos el apoyo a Tecnológico Nacional de México (TecNM) al autorizarnos este proyecto de investigación y permitirnos realizarlo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Zacatepec, en el Departamento de Ciencias de la Tierra.

Referencias

- Altamirano, I. (21 de agosto de 2018). Universidad Politécnica del Valle de México. Obtenido de http://pvm.edomex.gob.mx/sites/upvm.edomex.mx/files/PDF/UPVM_PDF_Proc_Eval-Logro-Atrib-Egresado.pdf
- CACEI. (8 de enero de 2020). Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. Obtenido de: <http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs02/nvfs0210.php#>
- González M. & Medina, T. (31 de enero 2020). Informe de iniciativas y herramientas de evaluación online universitaria en el contexto del COVID-19. Obtenido de http://www.usal.es/files/Informe_modelos_evaluacion_Gabinete_ministro_universidades.pdf
- Secretaría Educación Pública (3 de agosto de 2020). DOF Diario Oficial de la Federación. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5597705&fecha=03/08/2020
- UNAM, G. (23 de agosto de 2021). Universitario, C.E. Obtenido de <http://www.gaceta.unam.mx/wp-content/uploads/2021/08/210823>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

IMPORTANCIA DE LA SELECCIÓN DEL CEMENTO ADECUADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO EN ROMPEOLAS

J. E. Flores-Álvarez¹, D. L. Ávila-Arzani¹, M. D. Servín-Lugo¹, J. M. Ramírez-Cuevas²

¹Instituto Mexicano del Transporte. Coordinación de Ingeniería Portuaria y Costera. Carretera El Colorado - Galindo Km. 12 Col. San Fandila, 76703 Pedro Escobedo, Querétaro- jflores@imt.mx, davila@imt.mx, dservin@imt.mx, ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- jose.rc@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: Desde los inicios de la construcción de estructuras de protección costera y portuaria, se han utilizado distintos materiales para dar forma y utilización a estos elementos, en un inicio, por ejemplo, han sido de cualquier material que estuviera cerca de las zonas a proteger, como por ejemplo rocas, restos de barreras naturales (corales), arena y hasta vegetación abundante (árboles principalmente) del sitio. Con la creciente necesidad de proteger mejor la franja costera, surgió también el avance en la investigación acerca de los materiales que funcionan de manera adecuada para tal propósito de protección. Las protecciones marginales en la costa se optimizaron con el paso de los años, estas mejoras consistieron en construir estos elementos a base de capas graduadas en peso y tamaño de los materiales que lo conforman; así también se observó que los materiales que lo integraban tenían que ser los más resistentes a la acción de los elementos naturales presentes en las playas, intemperie y el mismo paso del tiempo. Estos materiales resultaron ser los más duros en su consistencia como las rocas, que dieron paso a las construcciones de montículos permeables. Por lo que el presente trabajo pretende dar a conocer los parámetros y condiciones de la selección del cemento adecuado para la construcción de elementos prefabricados de concreto, para estructuras de protección portuaria, como lo son los rompeolas.

Palabras clave: Elementos prefabricados, Obras de protección, Durabilidad.

Introducción.

En países de pequeña extensión territorial (como por ejemplo Inglaterra y Japón) con mayor avance económico y tecnológico, pero con menos bancos de enrocamiento disponibles para construir las obras de protección portuarias y costeras, surgió la necesidad de crear estructuras con la misma durabilidad pero que el proceso de construcción resultara rápido con el tiempo. Debido a esto, se realizaron los estudios para utilizar el concreto para la producción y remplazo de elementos que sustituirían las grandes rocas que eran transportadas para tales trabajos. En la elaboración del concreto, resultó de suma importancia el uso del cemento, con características esenciales para resistir las condiciones químicas del agua de mar y la agresividad del oleaje. En la actualidad el uso del cemento debe cumplir con las normas y especificaciones en la construcción de los elementos de concreto para su uso e implementación en el medio marítimo; es así que, la información y contenido del presente trabajo da a conocer los principales requerimientos, normas, avances, especificaciones y la importancia de la selección del cemento adecuado en la elaboración y construcción de los elementos prefabricados que servirán de abrigo en la protección de puertos, costas y protecciones marginales.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Existen diferentes elementos prefabricados de concreto, que han sido desarrollados e implementados en obras de protección portuaria y costera, mismos que son compuestos por capas de materiales graduados, otras como revestimiento o como elementos constituyentes de paredes verticales (figura 1).

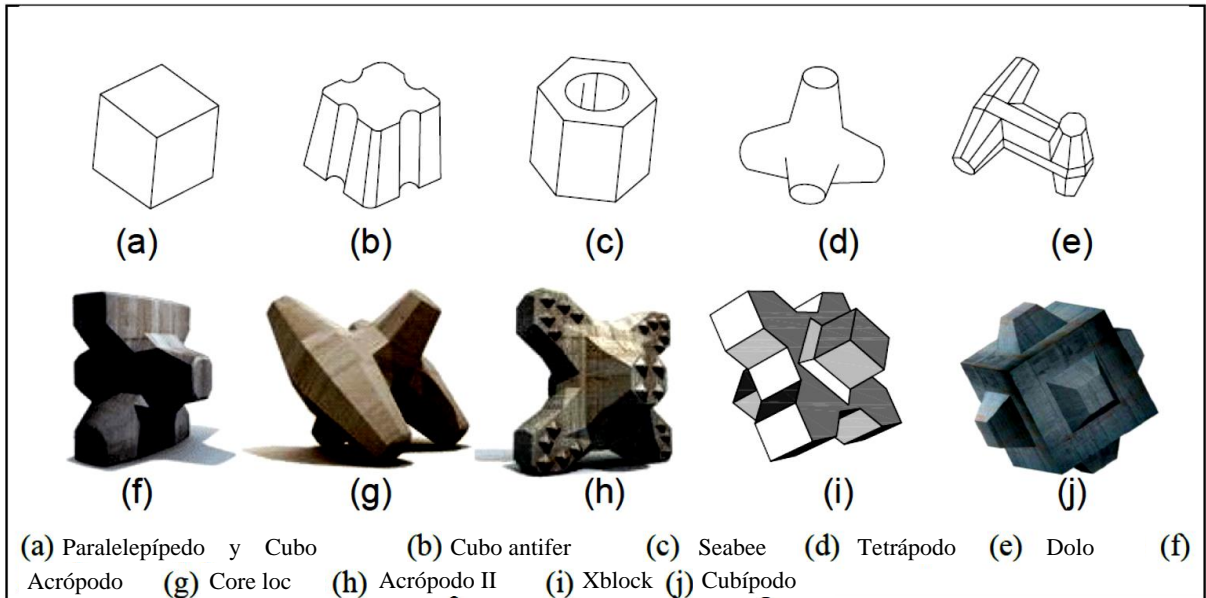


Figura 1. Evolución de los elementos de concreto (Dupray, S., 2010).

En el diseño y creación de estos elementos, los primeros diseños fueron para trabajar a dos capas sobre el montículo de enrocamiento, posteriormente incluso algunos se utilizaron en combinaciones de acomodos de acuerdo a su forma geométrica, y los más recientes para un acomodo a una sola capa. Estas formas de acomodo pueden ser de forma aleatoria, uniforme e incluso más recientemente orientada con GPS (Sistema de Posicionamiento Global) para contribuir a la estabilidad y durabilidad de la estructura de protección.

Durabilidad de las piezas de concreto

Dentro de la durabilidad de estos elementos, independientemente de la forma geométrica que posea, está inmerso el concreto, que es la parte medular del propio elemento, ya que, al no ser bien elaborado, aun cuando sea la forma con mayor estabilidad, no tendrá la vida útil para la cual fue diseñada. La resistencia del concreto, dependerá de los elementos que lo componen, los agregados finos (arena), gruesos (grava) y el aglutinante (cemento). El cemento depende de la calidad de fabricación, es decir, puede ser estándar, reciclado, de bajo carbono, entre otros; y de la forma en que el concreto es elaborado: prefabricado (llevado en camión a la obra), realizado y vertido en el mismo lugar donde se construyen los elementos. Por lo que el ciclo de vida de estas piezas prefabricadas de concreto depende del tipo de obra para la cual es construido, englobándose en las siguientes actividades: a) diseño, selección del tipo de elemento y preparación; b)

dimensionamiento, identificación y aprobación de moldes o cimbra (engrase y ensamble); c) fabricación de piezas, curado, endurecimiento, primera elevación y almacenamiento, incluidos las pruebas a los cilindros; d) transporte, manejo y manipulación de las piezas; e) servicio ante la exposición del mar y el proceso de deterioro natural de los elementos de concreto y f) reparación o reciclaje del elemento, manipulación, almacenamiento y procesamiento para su reutilización. Ahora bien, para un correcto almacenamiento y manejo en la fabricación de elementos de concreto se puede mencionar lo siguiente:

- Tamaño, ubicación y organización del área de fabricación.
- Métodos y equipos de elevación, manipulación y apilamiento para minimizar el riesgo de daños a las piezas antes de la construcción.
- Riesgos tecnológicos particulares y problemas que son específicos del sitio, pero también del tipo pieza (principalmente de su tamaño).
- Oportunidades y desafíos tecnológicos determinados, como la compactación, el desmolde a temprana edad del concreto, la manipulación de la resistencia a corto plazo y el almacenaje de las piezas para optimizar el número de usos de la cimbra y de los equipos de realización de la mezcla, las degradaciones de las piezas asociadas a la temperatura.
- La calidad del concreto y la determinación de la calidad de la mezcla con pruebas de revenimiento del concreto fresco y con pruebas de ensaye a la compresión de cilindros con el concreto endurecido; así como de las unidades ya construidas, incluido el almacenaje de los elementos en lotes y el manejo de los moldes.

Los siguientes aspectos clave deben ser considerados para la colocación y mantenimiento de las piezas de concreto en las estructuras de protección marítima:

- Exposición a las primeras tormentas, que pueden inducir fuerzas en las piezas de concreto debido a la acción local de los fenómenos naturales.
- Abrasión severa que puede inducir desgaste y pequeños daños en partes específicas de las piezas, lo que reduce la resistencia estructural y el agarre o trabazón entre piezas.
- Reparación de taludes que generalmente depende de la disponibilidad de algunas piezas de repuesto; compatibilidad de las piezas de concreto que se utilizarán para la recarga o reparación con el tipo de elemento existente y el porcentaje de vacíos para cubrir el número de unidades requeridas.

Procesos de deterioro de las piezas de concreto

La calidad de las piezas de concreto se logra obtener al evitar el uso de cualquier material de mala calidad durante todas las etapas de la preparación, fabricación y construcción. La durabilidad se logra cuando la calidad de la pieza de concreto es adecuada y suficiente para soportar los diversos agentes agresivos durante todo su ciclo de vida y estos se enumeran en la tabla 1, al igual que los agentes externos e internos (es decir, fuerzas y fuentes de deterioro), así como los posibles efectos

sobre el concreto, el refuerzo (si se utiliza) y las piezas, es decir, durante la preparación, fabricación, construcción, acarreo y colocación.

Tabla 1. Resumen de los agentes y efectos sobre la mezcla, refuerzo y unidades de concreto

Cargas y agentes de deterioro		Posibles efectos	
Externos	Internos	Cemento y piezas de concreto	Refuerzo
Agua de mar ^{C,S}	Temperatura ^{P,F}	Intrusión de sulfatos ^{F,C,S}	Corrosión ^S
Temperatura ambiente ^{P,F}	Contenido alcalino ^{P,F}	Agrietamiento ^{F,C,S}	Expansión ^S
Dióxido de carbono atmosférico ^S	Contenido de sulfatos ^{P,F}	Desprendimiento ^{F,C,S}	Rupturas ^S
Cargas dinámicas ^{F,C,S}	Contenido de cloruros ^{P,F}	Escarificación ^{F,C,S}	Desprendimiento de partes ^S
Cargas estáticas ^{F,C,S}	Otros contenidos químicos ^{P,F}	Rupturas ^{F,C,S}	
Abrasión ^S		Desprendimiento de partes ^{F,C,S}	
Invasión biológica ^S		Reacción alcalina de los agregados ^{F,C,S}	
Proceso de congelación y descongelación ^{F,S}		Expansión ^{F,C,S}	
Hielo ^S			
Esfuerzos (accidentales) ^{F,C,S}			
Deterioro (accidental) ^{F,C,S}			

Parte del proceso donde es relevante: ^P Preparación, ^F Fabricación, ^C Construcción, ^S Servicio de colocación. Fuente: Dupray, S. (2010).

La implementación de estas piezas de concreto inició alrededor del primer tercio del siglo XX hasta años actuales. Existen distintas formas geométricas de elementos artificiales que puedan colocarse en la capa de coraza de los rompeolas. Las formas principales van desde los primeros cubos que fueron diseñados semejante a las rocas, hasta los bloques antifer o cubo ranurado, tetrápodos, dolos, y distintas formas que varían de acuerdo a su geometría, a sus valores de trabazón (sujeción) entre ellas mismas al momento de ser colocadas sobre el talud del rompeolas. En la siguiente tabla 2 se citan para conocimiento de las mismas.

Tabla 2. Evolución de las formas geométricas de los elementos prefabricados, constituyentes de la capa de coraza (Flores, J., 2022).

Tipo de elemento	País	Año	Tipo de elemento	País	Año
Cubo	---	---	Seabee	Australia	1978
Tetrápodo	Francia	1950	Shed	Reino Unido	1982
Tribar	Estados Unidos	1958	Acrópodo	Francia	1980
Cubo modificado	Estados Unidos	1959	Haro	Bélgica	1984
Stabit	Reino Unido	1961	Cubo hueco	Alemania	1991
Akmon	NL	1962	Cole-Loc ®	Estados Unidos	1996
Trípode	NL	1962	A-Jack	Estados Unidos	1996
Cob	Reino Unido	1969	Diahitis	Irlanda	1996
Dolos	Rusia	1963	Bloque Samoa	Estados Unidos	2002
Cubo ranurado	Francia	1973			

Con esta innovación tecnológica, también surgió la necesidad de hacer estas piezas además de estables, duraderas. Para alcanzar tal propósito, fue preciso

investigar qué tipos de materiales resultaban más adecuados para alcanzar la misma resistencia de la roca. En distintos países, se han determinado normas bajo las cuales se establecen parámetros para que las piezas de concreto se construyan para trabajar en el ambiente marino con una vida útil de al menos 10 años. Los principales criterios de selección de materiales son las propiedades físicas, resistencia, durabilidad, adaptabilidad, costo, disponibilidad, los requisitos de manipulación, los requisitos de mantenimiento y el impacto ambiental.

Resultados y Discusión.

El concreto se considera duradero y se espera una vida útil prolongada en la mayoría de los proyectos costeros, siempre que el concreto no esté expuesto a sustancias químicas adversas o de abrasión excesiva, y las cargas se encuentren dentro de los límites de diseño. Las grietas en el concreto pueden conducir a la separación de la superficie y en caso de ser un concreto reforzado podría causar la exposición del refuerzo de acero, que comenzará inmediatamente a oxidarse. El manejo rudo de las piezas de concreto durante la colocación, puede ocasionar astillado o agrietamiento de miembros delgados. Para alcanzar esta durabilidad las normas ASTM C-150 enumeran los tipos de cemento que debe utilizarse en la construcción de piezas de concreto en general:

- Tipo I. Cemento utilizado para concreto estructural ordinario para cimientos, carreteras y cimientos no sujetos a condiciones de congelación/descongelación o exposición marina.
- Tipo II. Cemento resistente al sulfato suave que puede usarse en ambientes marinos no congelados. No es tan duradero como el cemento tipo V en agua de mar.
- Tipo III. Este cemento proporciona alta resistencia antes del proceso de curado. Después de 7 días, el concreto Tipo III alcanza la misma resistencia que el Tipo I después de 28 días. El tipo III NO debe utilizarse para la construcción marina.
- Tipo IV. Proporciona bajo calor de hidratación para su uso en estructuras como presas o donde la acumulación de calor es indeseable.
- Tipo V. Este cemento tiene la mayor resistencia a los sulfatos y debe ser utilizado en todos los ambientes marinos.

De lo anterior descrito se determina que el cemento tipo II o V son los ideales para utilizarse en mezclas para elementos de concreto en el medio marítimo.

En Japón, por ejemplo, la Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles (Japan Society of Civil Engineers JSCE) en conjunto con la Sociedad Japonesa del Cemento (Japan Cement Association JCA) son las encargadas de emitir las regulaciones y especificaciones del uso del cemento para las obras civiles de su zona, con la norma (Japanese Industrial Standard) JIS R 5210 específicamente para el cemento Pórtland que básicamente clasifican el cemento en 6 tipos de uso:

1. Cemento Pórtland ordinario.
2. Cemento Pórtland de alta resistencia temprana.
3. Cemento Pórtland de ultra resistencia temprana.
4. Cemento Pórtland de calor moderado.
5. Cemento Pórtland de bajo calor.
6. Cemento Pórtland resistente a sulfatos.

Por lo que, de igual forma recomiendan el uso del tipo 6 de cemento para su uso en obras marítimas que, acompañado con las especificaciones de construcción, establecen los lineamientos para la durabilidad del concreto en sus construcciones portuarias.

Por otra parte, Francia se basa en la nueva normativa europea del uso del concreto. De acuerdo a la siguiente tabla de cementos que se identifican en Francia, se elige el tipo adecuado a utilizarse en ambientes marinos:

Tabla 2. Tipos de cementos en Francia. Béton, T. (2022).

Tipo de Cemento	Descripción
Cemento tipo I <i>CEM I</i>	Tradicional, sin componentes secundarios.
Cemento tipo II <i>CEM II</i>	Con componentes secundarios. Es ampliamente utilizado en obras. Se adapta a diversos usos.
Cemento tipo III <i>CEM III</i>	Con productos secundarios: escoria de alto horno, puzolana y otros. Este tipo de cemento están destinados a usos específicos.
Cemento tipo IV <i>CEM IV</i>	No se fabrica en Francia.
Cemento tipo V <i>CEM V</i>	Es adecuado para trabajos de cimentación y para ambientes agresivos.

Los cementos para trabajos en el mar son:

- El CEM I y CEM II que poseen características físicas y deben respetar especificaciones químicas complementarias,
- CEM III/A (si el contenido de escoria es superior al 60%).

En México la norma N-CMT-2-02-001/02 establecida por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, de igual forma, menciona las calidades del cemento, para indicar cual debe de ser el adecuado a utilizarse en la creación de elementos de concreto para obras marítimas.

Según los materiales que los componen, los cementos Pórtland se clasifican como:

- Tipo CPO (cemento Pórtland ordinario).
- Tipo CPP (cemento Pórtland puzolánico).
- Tipo CPEG (cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno).
- Tipo CPC (cemento Pórtland compuesto).
- Tipo CPS (cemento Pórtland con humo de sílice).
- Tipo CEG (cemento con escoria granulada de alto horno).

Adicional a lo anterior descrito, para identificar un cemento Pórtland, la clase resistente se anotará inmediatamente después de la designación del tipo de cemento que se indica en esta norma, por ejemplo:

- CPO 30, cuando se trate de un cemento Pórtland ordinario con una resistencia normal mínima de treinta (30) mega pascales (306 kg/cm²).
- CPEG 40R, si se requiere un cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno, que tenga una resistencia normal mínima de cuarenta (40) mega pascales (408 kg/cm²) y deba cumplir con una resistencia inicial mínima de treinta (30) mega pascales (306 kg/cm²).

Los cementos Pórtland pueden presentar una o más de las características especiales que se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Características especiales de los cementos Pórtland. Fuente: NMCT, SCT (2002).

Característica especial	Nomenclatura
Resistente a los sulfatos	RS
Baja reactividad álcali-agregado	BRA
Bajo calor de hidratación	BCH
Blanco	B

Lo que resulta de utilidad para las obras marítimas en México el cemento tipo (CPO 30 RS) antes mencionado, que es un cemento con una resistencia normal mínima de treinta (30) mega páscales (306 kg/cm²) y que sea resistente a los sulfatos

Conclusiones.

Con base a lo anteriormente descrito, se concluye que el cemento utilizado alrededor del mundo, en cualquier parte de este, se define por las normas y estándares que, en primera instancia, son emitidos por el país donde se realice la obra, y posteriormente y a la par se rigen por normas internacionales como es el caso de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials ASTM). Estas normas engloban las características y resultados de las pruebas realizadas a cilindros de concreto probados bajo condiciones de compresión y otros expuestos a pruebas químicas y de exposición a ambientes agresivos, como son la congelación y descongelación, salinidad excesiva, altas y bajas temperaturas de mezclado y fraguado, entre otras. Con las cuales se realizaron pruebas y mezclas con agregados químicos para mejorar las reacciones del concreto a tales condiciones adversas.

Cabe mencionar, que, si se cuenta con más recursos y experiencia en la construcción en el medio marítimo, los resultados serán de calidad y durabilidad del concreto empleado para realizar obras de protección portuaria y costera en cualquier región del mundo.

Referencias

- A. S. T. M., (2012): Standard Specification for Pórtland Cement.
https://www.astm.org/c0150_c0150m-22.html

- CIMBETON, (2008): Les bétons et les ouvrages en site maritime. CIMbéton, Centre D'information sur le Ciment et ses Applications. Place de la Défense 7, Paris, France. p. 9. <https://mediatheque.snbpe.org/userfiles/file/mediatheque/public/CT-T93.pdf>
- Dupray, S. (2010): Review of the use of concrete in the manufacture of concrete armour units. HRWallingford, Wallingford, United Kingdom. pp. 2-4. https://www.researchgate.net/publication/288661643_Review_of_the_use_of_concrete_in_the_manufacture_of_concrete_armour_units
- Flores, J. (2022): Investigación experimental del porcentaje de vacíos de elementos de la capa coraza de los rompeolas. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Pedro Escobedo, Querétaro, México. p. 5. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt700.pdf>
- Janković, K. (2011): Concrete mix design for reconstruction of northwest breakwater in the tripoli harbour – Libya, Technical Gazette 18. Tripoli, Libya. pp. 2-5. <https://hrcak.srce.hr/file/98656>
- JIS, R5210 (2009): JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD. JIS R 5210 (JCA). Portland cement. Japanese Industrial Standards Committee. Standards Board. Technical Committee on Civil Engineering. Tokyo, Japan. https://dlscrib.com/download/jis-r-5210-Portland-cementpdf_5af00401e2b6f5b65b8c2ee8_pdf
- N. M. C. T., S.C.T., (2002): N-CMT-2-02-001/02. Libro: CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES. PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS. TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico. CAPÍTULO: 001. Calidad del Cemento Portland. México D. F. <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-2-01-002-02.pdf>
- U. S. Army Corps of Engineers, (2011): Coastal Engineering Manual. Part IV. Washington, DC. U.S.A.: Coastal Engineering Research Center. pp. 134-136.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

NECESIDAD DE UN REGLAMENTO DE DISEÑO SÍSMICO PARA EL MUNICIPIO DE JOJUTLA DE JUÁREZ, MORELOS.

M. Ortiz-Gómez¹, F. Sánchez-Sánchez¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27,
Col. Centro, Zacatepec Morelos, México mayra.og@zacatepec.tecnm.mx ,
felipe.ss@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: *Diseño estructural y obras civiles. (IC)*

Resumen: Después de los hechos registrados con la ocurrencia del sismo con epicentro en el oriente del estado de Morelos en 2017, y en vista de la magnitud de daños en las diferentes viviendas del municipio de Jojutla se propone una actualización y elaboración de reglamentos que regulen la construcción y coadyuve con la sociedad a evitar que los daños se repitan. Como es sabido de todos, los sismos no se pueden evitar y tampoco predecirlos exactamente; entonces nos queda la opción de realizar acciones que minimicen los daños estructurales y no estructurales en las viviendas, tanto de mampostería como las de concreto reforzado. Dentro de las acciones propuestas consideramos que el reglamento propuesto controlaría de mejor manera la calidad de los materiales a utilizar, así como la calidad en los procedimientos constructivos utilizados en esta zona del estado de Morelos. Se pretende normalizar y a la vez enfocarnos en corregir las prácticas de autoconstrucción para que las viviendas que se construyan a partir del reglamento actualizado garantice la respuesta estructural de las edificaciones y los daños al patrimonio después de la ocurrencia de un sismo sean menores.

Introducción.

En 2017 ocurrió un evento sísmico que puso a prueba tanto la capacidad de respuesta de autoridades de los tres niveles de gobierno como la de especialistas en diseño y construcción de infraestructura urbana en el estado de Morelos. En el mes de septiembre de 2017 se suscitaron dos grandes sismos en México. El primero, el jueves 7 de septiembre ocurrió un sismo de magnitud 8.2 con epicentro en el golfo de Tehuantepec. El segundo el 19 de septiembre, un sismo de falla normal de magnitud 7.1 con epicentro al sureste de Axochiapan, Morelos.

En el estado de Morelos el municipio de Jojutla fue uno de los más afectados con el sismo del 19 de septiembre, causando grandes pérdidas en edificaciones de poca altura y haciendo perder el patrimonio de bastantes personas en los municipios cercanos como son Zacatepec, Tlaquiltenango y Puente de Ixtla.

El presente documento propone actualizar la reglamentación en materia de diseño estructural para el municipio de Jojutla y apoyar a prevenir este tipo de resultados, ya que no es posible evitar y predecir los eventos sísmicos. Se propone realizar una actualización a la reglamentación municipal que apoye a la mejora de la respuesta estructural de las construcciones en el municipio.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

MARCO JURÍDICO DE ACTUACIÓN.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

Los municipios en México, como célula básica de la estructura de gobierno tienen estipulada la facultad de proponer y aprobar los reglamentos que sean de observancia en lo local y que coadyuven a los demás instrumentos jurídicos tanto federal como estatal.

“Los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre”.

El artículo 115 de la Constitución faculta a los municipios en su ámbito local a revisar, adecuar y autorizar la reglamentación aplicable en el ámbito local a partir de la reforma de 1994, con la llamada descentralización de las actividades de la federación a los municipios.

“Los ayuntamientos tendrán facultades para aprobar, de acuerdo con las leyes en materia municipal que deberán expedir las legislaturas de los Estados, los bandos de policía y gobierno, los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones, que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal”. Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Morelos [Const]. 20 de junio de 2008, (México).

En la constitución del estado de Morelos, artículo 118 reitera y ratifica esa facultad reglamentaria a los municipios en su ámbito de gobierno.

ARTÍCULO *118.- El Congreso del Estado expedirá las leyes bajo las cuales, los Ayuntamientos aprueben los bandos de policía y buen gobierno, los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones, que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal.

LEY ORGÁNICA MUNICIPAL.

La ley orgánica municipal es el instrumento jurídico aprobado por el congreso del Estado de Morelos para regir el quehacer cotidiano de los Municipios, de ella se desprenden diversos ordenamientos jurídicos particulares como pueden ser manuales de procedimientos y manuales de operación de las diversas secretarías y direcciones de área.

El procedimiento para la aprobación del reglamento de construcción se encuentra contenido en dicha ley, como se describe a continuación:

El artículo 60 (LEY ORGANICA MUNICIPAL PARA EL ESTADO DE MORELOS) estipula la facultad reglamentaria del Municipio para elaborar y aprobar los reglamentos necesarios para la buena relación entre ciudadanos. El artículo 61 define concretamente lo que es un reglamento.

El artículo 63 menciona que es el presidente municipal, síndico y regidores quienes podrían presentar la propuesta de reglamento, pero también **faculta el mismo artículo a los ciudadanos normales, sin cargo dentro del cabildo.**

La obligatoriedad para su publicación del reglamento una vez aprobada por el cabildo para que surta efectos de manera legal queda estipulado en el artículo 64 de la misma ley. (Ley Orgánica Municipal para el Estado de Morelos, 2003)

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN ACTUAL DEL MUNICIPIO DE JOJUTLA DE JUÁREZ MORELOS.

Algunos aspectos importantes que se pueden analizar dentro del reglamento vigente para el municipio de Jojutla.

El reglamento de construcción fue actualizado en el periodo de gobierno municipal 2013-2015 es decir, previo al sismo del 2017. De la revisión realizada al documento normativo se desprenden algunas observaciones importantes como son:

a). - El artículo 40, menciona las obras que no requieren de responsiva de un Director Responsable de obra, la fracción V del artículo mencionado establece que la edificación de un predio baldío de una vivienda de hasta 80 m² no requieren de la responsiva. Haciendo que varias construcciones entren en ese supuesto y al ser de autoconstrucción no exista quien revise su proceso constructivo.

b). - El artículo 41 menciona los requisitos para ser DRO y solo basta cédula, curriculum, ser miembro de un colegio, 6 años de experiencia y su dirección para recibir notificaciones. Dejando muy abierto el margen para que cualquiera pueda firmar como DRO.

c). - El artículo 145 hace referencia a la obligatoriedad de la Dirección de Desarrollo Urbano y Obras Públicas de emitir las normas técnicas pues en el documento hace referencia a ellas, mandato que no se cumplió porque dichas normas no existen.

d). - Se pudo observar que el documento base de este reglamento es el Reglamento de construcciones del DF del año 2004, lo anterior se nota tan solo al verificar algunos parámetros como son factores de carga para el diseño y otros datos no actualizados.

e).- Existe el capítulo VI “diseño por sismo” que resulta muy corto en especificaciones para diseño y cálculo. (Reglamento de construcción para el Municipio de Jojutla, Morelos, 2003)

Por todo lo anterior y en virtud de los daños que surgieron en el sismo de septiembre 2017 se hace necesario la elaboración de un reglamento de diseño sísmico para el municipio de Jojutla.

FORMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA EN JOJUTLA.

Como ha quedado estipulado y demostrado en algunas publicaciones técnicas, la autoconstrucción es una actividad muy común en México y el estado de Morelos no es la excepción. Considero que se deben hacer más esfuerzos de mitigar los efectos de esta actividad, buscando estrategias que ayuden a eliminar malas prácticas de construcción de vivienda.

La mano de obra sin supervisión en el proceso constructivo, además del desconocimiento de aspectos importantes en la construcción como son; la selección del tipo de cimentación, tipo de estructuración, separación de construcciones, calidad de materiales, combinación de procesos constructivos, características del comportamiento dinámico del terreno, espectro de diseño sísmico adecuado al tipo de terreno etc. son factores que influyeron en la gran cantidad de daños sufridos en el municipio de Jojutla.

En estudio realizado el 55.83% de la población obtuvo su vivienda mandándola a hacer con un albañil o bien la construyó él o algún integrante de su hogar. El 19.56% de la población compró su casa nueva o la mandó a hacer a una constructora o con un ingeniero o arquitecto. El resto de la población obtuvo su vivienda usada o de alguna otra forma, por ejemplo, la heredó (Alcocer, 2022). El primer grupo de la tabla 1 representa a las viviendas construidas sin asistencia técnica formal o son explícitamente de autoconstrucción; las viviendas de este grupo pueden clasificarse como viviendas informales.

Tabla 1.- Forma de adquisición de las viviendas en México y en los estados de la república más afectados por los sismos de septiembre del 2017 (ENVI 2015).

Entidad Federativa	Vivienda informal		Vivienda formal			No se sabe	
	La construyó con albañil o por su cuenta	La construyó él mismo o integrante del hogar	La compró nueva	La construyó con Ingeniero o Arquitecto	La mandó hacer con constructora	La compró usada	La obtuvo de otra forma
Chiapas	50.00%	23.63%	4.03%	0.58%	0.00%	7.78%	13.98%
CDMX	32.27%	9.19%	14.26%	1.88%	0.00%	18.57%	23.83%
Edo. México	42.08%	15.99%	17.70%	2.48%	0.47%	11.34%	9.94%
Guerrero	3.19%	6.88%	48.99%	1.34%	0.00%	27.85%	11.74%
Michoacán	37.90%	25.70%	12.76%	0.38%	0.00%	10.69%	12.57%
Morelos	47.70%	20.08%	6.69%	1.46%	0.00%	10.46%	13.60%
Oaxaca	52.78%	27.34%	4.13%	2.07%	0.16%	5.25%	8.27%
Puebla	53.66%	14.15%	8.62%	2.11%	0.33%	6.34%	14.80%
Tlaxcala	58.21%	18.08%	7.63%	0.66%	1.16%	4.48%	9.78%
Nacional	35.29%	20.53%	17.70%	1.56%	0.30%	12.80%	11.81%

Es necesaria una actualización del Reglamento de Diseño Sísmico que contemple las características locales del terreno y de los sismos que se presentan en esta región, además que incorporen más información para realizar diseños y construcciones que mitiguen los daños y permitan calcular el riesgo sísmico.

Además, esta falta de control de calidad en la construcción que son relativos a la forma de adquisición de la vivienda (Tabla n° 1) son factores que impactan en los procesos de construcción y que ha ocasionado las afectaciones tan numerosas que han marcado de manera dolorosa a las víctimas de los sismos de nuestra historia reciente en el Estado de Morelos. Es de vital importancia verificar los protocolos y el nivel de respuesta de los organismos de protección civil, tanto locales como estatales, y su alineación con el Sistema Nacional de Protección civil para el establecimiento de protocolos más eficientes en la respuesta oportuna de este tipo de fenómenos.

Resultados y Discusión.

CONSTRUCCIONES A BASE DE MAMPOSTERÍA.

Los muros de mampostería en la actualidad siguen siendo el sistema más usado en varias regiones de México para vivienda unifamiliar y multifamiliar. Las piezas de mampostería siguen siendo las mismas desde hace mucho tiempo y su forma de refuerzo típico de dadas y castillos de concreto armado forman el sistema estructural llamado Mampostería confinada.

Durante el paso de los años se ha tratado de industrializar, modernizar o hacer más eficiente el proceso constructivo de las edificaciones de mampostería sin tener grandes avances, aún y que su funcionamiento en sismos diversos ha sido bueno.

La mampostería reforzada interiormente es un tipo de proceso que no ha terminado por ser aceptado en las edificaciones en México y no se ha podido implantar de manera local. Siendo en otros países como son Nueva Zelanda y Estados Unidos, la única forma de mampostería aceptada como material estructural (Meli, 2015).

Durante las revisiones post-sísmicas en el sismo del 19 de septiembre del 2017 se pueden mencionar algunas observaciones a las estructuras de mampostería como son las siguientes:

1. El sismo del 19 de septiembre nos dejó al descubierto algunos problemas que son típicos en la construcción de vivienda en Jojutla Morelos, se repiten patrones en los cuales el factor común es la falta de asesoramiento antes y durante la construcción. Estructuras informales que no tienen los suficientes muros para soportar la acción de cargas laterales ante un fenómeno sísmico, lo que hace muy vulnerables a dichas construcciones.
2. Se observó que en estructuras de mampostería confinada las aberturas no fueron confinadas adecuadamente tal y como lo establece la NTC-2017.
3. Las estructuras de mampostería que fueron construidas con materiales que no satisfacen los requisitos normativos para estructuras sismo-resistentes, y

que no cuentan con un detallado estructural apropiado para resistir demandas sísmicas, pueden presentar fallas importantes o colapsar.



Fig. 1 Forma actual de construcción de Mampostería (Jojutla, 2023).

CONSTRUCCIONES A BASE DE CONCRETO ARMADO.

El concreto reforzado es un material de construcción ampliamente utilizado debido a su resistencia y durabilidad. Se compone de concreto, reforzado con varillas de acero, que aumentan su capacidad para soportar cargas y resistir tensiones. Sin embargo, el sismo de 2017 demostró que, aunque es resistente, el concreto reforzado no es infalible.

En respuesta a los daños causados por el sismo de 2017, se deben implementar medidas para mejorar la construcción de estructuras de concreto reforzado en el municipio. Las normas de construcción deben actualizarse para incluir estándares más estrictos para la construcción de edificios sísmicamente seguros y confiables.

Algunos defectos en las construcciones se detectaron en las revisiones post-sísmicas como son:

1. - Falla por columna corta es decir la combinación inadecuada de sistemas estructurales rígidos (mampostería) con sistemas estructurales flexibles.
2. - Construcción de estribos en columnas con diámetros fuera de norma como son el alambión.
- 3.- Separación de estribos mayores a los normativos en especial en conexión de trabe -columna o en dado- columnas.
- 4.- Mala combinación de sistemas constructivos, se construyeron marcos rígidos en edificaciones de mampostería.
- 5.- El Reglamento no consideraba las características del sismo que ocurrió por lo que construcciones nuevas (o antiguas) que cumplieran con él, fueron dañadas.



Fig. 2 Falla de columna corta Instituto Tecnológico de Zacatepec, septiembre 2017.

Conclusiones.

Se propone realizar un trabajo que incluya la revisión de información sobre las características del:

1. Terreno principalmente en las zonas donde hubo daño.
2. Sismo de septiembre de 2017.
3. Estructuras que fueron dañadas

Por otro lado, parece una tarea imposible desaparecer la práctica de la auto-construcción en México. Se puede decir que edificar con técnicas de auto-construcción tiene dos deficiencias fuertes:

- a. El uso de piezas de mampostería de fabricación local, y de manera empírica y artesanal que generalmente son de mala calidad, pero son muy baratas.
- b. La mano de obra y supervisión no calificada, aunada a la falta de instrumentos normativos actualizados.

Para atender el primer punto, sería recomendable que las autoridades municipales invitaran a los fabricantes locales de piezas de mampostería a mejorar la calidad de sus piezas (Tena, 2017).

La atención del segundo punto seguramente requerirá una participación e interacción más activa de los Colegios de Ingenieros y Arquitectos locales con la industria de la auto-construcción de la región, por ejemplo, organizando cursos y talleres para contratistas.

Referencias

- Administración Pública de la Ciudad de México. 2017. Norma Técnica Complementaria del Reglamento de Construcciones. Gaceta oficial de la Ciudad de México.
- Alcocer S.M, Rivera D. 2022. Los sismos de septiembre de 2017. Informe de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica dentro de la serie aprendiendo de los sismos. ISBN. 978-607-95575-4-6.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, [C.P.E.U.M], Reformada, Diario Oficial de la Federación, 18 de noviembre de 2022, (México).
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Morelos, [C.P.E.L.S.M], Reformada, Periódico Oficial “Tierra y Libertad”, 20 de junio de 2008, (México).
- ENVI (Encuesta Nacional de Vivienda) 2014. 2015. Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI).
- Ley Orgánica Municipal del Estado de Morelos, [L.O.M.E.M], Reformada, Diario 4272 “Tierra y Libertad”, 13 de agosto del 2003, Morelos, México.
- Meli. R. 2015. Diseño sísmico de edificios de muros de mampostería. La práctica actual y el comportamiento observado. Revista de Ingeniería Sísmica.
- Reglamento de Construcción para el Municipio de Jojutla, Morelos, [R.C.M.J.M], Diario 5124 “ Tierra y Libertad”, 09 de Octubre de 2013, (México)
- Tena A. 2017. Diseño sísmico simplificado de estructuras con muros de mampostería aisladas sísmicamente. *Revista internacional de ingeniería de Estructuras*, Vol. 22, 1,1-33.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

CONSIDERACIONES EN LOS TRABAJOS DE DRAGADO PARA LA TERMINAL PORTUARIA DEL GRUPO GPO

J. R. Figueroa-Rodríguez¹, D. Zuñiga-Malpica¹, J. M. Ramírez-Cuevas¹, J. N. Cárdenas-Cervantes²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, , Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- L15090565@zacatepec.tecnm.mx, david.zm@zacatepec.tecnm.mx, jose.rc@zacatepec.tecnm.mx

²Grupo GPO (Gas y Petroquímicos de Occidente S.A. de C.V.), dirección- jcardenasc84@gmail.com

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: La navegación desde sus inicios, y el transporte marítimo de mercancías ha experimentado un desarrollo vertiginoso desde hace ya varios siglos. Por lo que hoy en día, todos los países con litoral cuentan con estaciones portuarias donde atracan buques cada vez mayores a través de rutas que conectan con el resto del mundo. Además, con esto, el uso eficiente de contenedores ha colaborado en esta causa. Sin embargo, esto muchas veces no sería posible sin las dimensiones necesarias para que las diferentes embarcaciones pudieran moverse y trasladarse por las vías marítimas. Para esto es indispensable el dragado, siendo la operación de extracción de terrenos de los fondos marinos por diversas causas o finalidades, principalmente los calados para la navegación marítima y portuaria. Por lo que en este trabajo se pretende dar a conocer los trabajos importantes y necesarios de dragado para la terminal portuaria del grupo GPO (Gas y Petroquímicos de Occidente S.A. de C.V.), en el puerto de Topolobampo al norte del estado de Sinaloa.

Palabras clave: Dragado, Calado, Zona de tiro.

Introducción.

Es de conocimiento que, desde hace algunos siglos, la evolución de los medios de transporte han ido en constante avance de manera progresiva y a gran velocidad, desde el invento de los automóviles en el transporte carretero, la revolución industrial y con ello el gran desarrollo del transporte ferroviario, la invención de los globos aerostáticos y posteriormente el transporte aéreo, y el más antiguo que nos remonta a más de 5500 años con los barcos creados por los egipcios para navegar por el Nilo. Posteriormente, fenicios, griegos y romanos se lanzaron a la conquista del Mediterráneo (Aquaefundación, 2022). En la actualidad las embarcaciones son de grandes dimensiones, transitando de un continente a otro y acelerando el comercio entre naciones a gran escala. Y aunque esto, no sería posible si no se tuvieran las condiciones y dimensiones adecuadas para el tránsito y atraque de las mismas en los diferentes puertos, mismas que se resuelven con lo que conocemos como dragado, siendo uno de sus objetivos, el aumentar la profundidad y aprovechar el material en las zonas de depósito mediante dragas especializadas para estas operaciones. Siendo pues, el dragado una parte importante en las áreas de agua de las zonas portuarias. El presente trabajo nos permitirá conocer e identificar consideraciones importantes en los trabajos y actividades en el dragado de la Terminal Portuaria del grupo GPO (Gas y Petroquímicos de Occidente S.A. de C.V.), para obtener el acceso y permitir las maniobras necesarias y adecuadas a las embarcaciones que llegan a cargar o descargar productos a la terminal de fertilizantes de la misma, dentro del Puerto de Topolobampo, Sinaloa.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Las dragas son embarcaciones que llevan maquinaria especializada para realizar excavaciones y para extraer el fango, los escombros, la arena y las piedras que quedan en el fondo de los puertos, ríos, canales, etc. Se utilizan para conservar y aumentar el calado de los puertos, así como el de los canales de navegación que permiten la entrada de barcos de mayor tonelaje; también son usadas para la limpieza del fondo y para abrir las bocas de comunicación de las lagunas litorales con el mar (Reyes, 2020). A continuación, se describirán los trabajos de dragado para la terminal portuaria marítima del grupo GPO (Gas y Petroquímicos de Occidente S.A. de C.V.), dentro del recinto portuario de Topolobampo, Sinaloa. Ver figura 1.

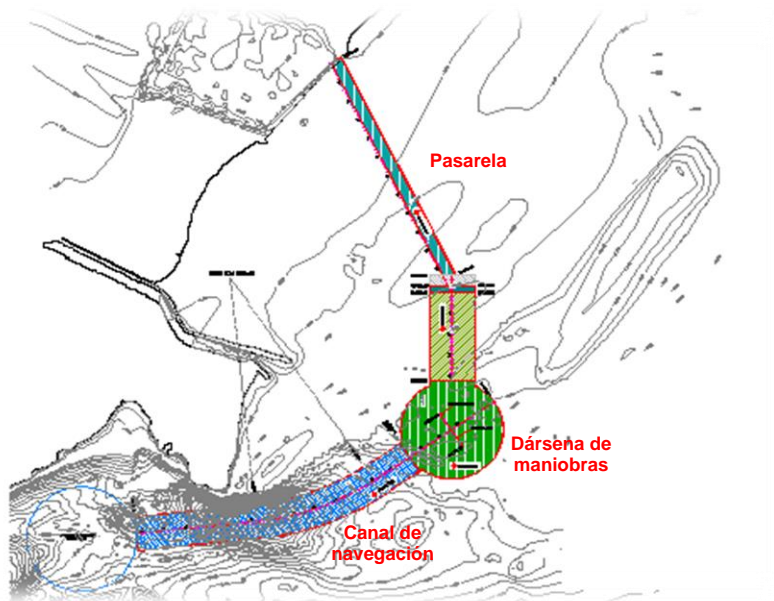


Figura 1. Croquis de los trabajos de dragado

Dragado en Pasarela

Debido a las condiciones topobatemétricas de esta zona baja y con el fin de obtener la profundidad necesaria para la operación adecuada, se utilizará una draga estacionaria de succión con cortador, misma que dragará la zona baja y depositará el material producto del dragado en un gánguil autopropulsado con cántara integrada. La draga estacionaria de succión con cortador tiene las siguientes dimensiones como características: eslora de 33 metros, manga de 6.95 metros, calado de 1.80 metros, tubería de succión y descarga de 18" de diámetro. Por lo que la draga estacionaria de succión con cortador se posicionará sobre el trazo del corte mediante el apoyo de equipo satelital, al ubicarse en el sitio exacto, se fondeará el zanco de trabajo, quedando fija y en posición bajará la escala de dragado sobre el eje del corte, previamente localizado hasta la profundidad de corte y activará el cortador para succionar el material dragado mediante la bomba dragadora que impulsará el material por la tubería flotante hasta su descarga. Por

lo que la draga operara mediante oscilaciones laterales (abanicos). Enseguida la draga succionara el material a través de su tubería para depositarla en el gánguil, mismo que ya se encontrara posicionado en paralelo a la ubicación de la draga, para así, ser llenada la cantara. El tiempo estimado para la ejecución de los trabajos de dragado para el llenado de la cantará del gánguil será de 2 horas. El tiempo de maniobras (amarre y desamarre de la draga al gánguil) es de 10 minutos. El tiempo de traslado desde el centro de gravedad de la zona de la pasarela hasta el centro de gravedad de la zona de tiro al mar es de 2.34 horas, tomando en cuenta que la distancia es de 39 km. El tiempo de descarga del material a vaciar en la zona de tiro es de 5 minutos.

Realizando la suma de dichos tiempos, tenemos que este ciclo se realiza en 6.93 horas = 7.00 horas. Tomando en cuenta que la capacidad de la cantara es de 665 m³ y que dicho material producto del dragado contiene agua, se considera un factor de 1.20, por lo que la capacidad de material es de 555 m³. Si en 7 horas se dragan y vacían hasta la zona de tiro 555 m³, entonces para una jornada de dragado de 3 turnos (24 horas), se vierten 1,903.00 m³.

Ahora, para el volumen total a dragar en la pasarela, que es de 124,084.08 m³, éste se llevara a cabo en 66 días naturales con una draga estacionaria de succión con cortador y un gánguil autopropulsable con cántara. Terminado el dragado en esta zona, los taludes y el fondo de las zonas dragadas serán afinados de acuerdo con la sección y la pendiente establecidas en el proyecto.



Figura 2. Trabajos de dragado



Figura 3. Tubería flotante para el vertido del material producto de dragado

Dragado en Muelle, Dársena de maniobras y Canal de navegación.

Se realizarán los trabajos de dragado en la zona del muelle, considerando dársenas de atraque en ambos lados del mismo; además de una dársena de maniobras de 470.00 m de diámetro aproximadamente con una profundidad de -14.55 m sobre el NBMI, una zona de transición, el resguardo de talud y parte del canal de navegación, debido a que a cierta longitud de dicho canal ya cuenta con la profundidad adecuada. Para estas áreas, se utilizará una draga de succión autopropulsada con las siguientes características: eslora de 55 metros, manga de 10.5 metros, capacidad de la cantara o tolva de 1,000.00 m³, calado de 3.5 metros, tubería de

succión de 15" de diámetro, velocidad de servicio de 9 nudos y velocidad máxima de 9.4 nudos.

Para alcanzar el volumen total a dragar, los ciclos de operación de dragado, consistirán en un tiempo de dragado, navegación hacia la zona de vertimiento, descarga de material y navegación hacia la zona de dragado, como se muestra en la siguiente figura como ciclos de operación de dragado.

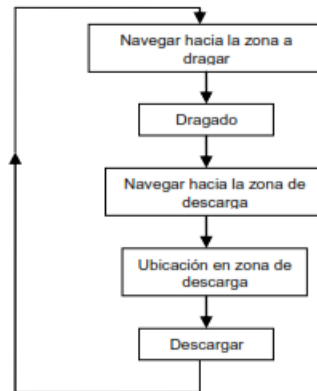


Figura 4. Ciclo de operación de dragado. (API, 2008)

Los recorridos que la draga realizará serán longitudinales, con el fin de recoger el material o cortar y extraer material a la profundidad de proyecto. La tolva se lleva con una mezcla de agua y suelo por medio de las bombas de dragado. La capacidad de succión de las bombas se utiliza al máximo para llenar la tolva en el menor tiempo posible. La velocidad de la draga, la presión de los cabezales sobre el fondo y el tipo de cabezal, se adecuan al tipo de suelo que se está dragando para obtener la máxima concentración de sólidos. El comportamiento de la mezcla de agua – suelo al entrar a la tolva, dependerá del tipo del suelo que se trate. El proceso de dragado se controla por medio de un sistema computarizado automático muy sofisticado junto con operadores altamente calificados. El timonel y el operador trabajarán en conjunto durante el proceso de dragado (SEMARNAT, 2020)

Considerando que la draga succiona el material con agua, se tiene que la capacidad real del material producto de dragado de 835.00 m^3 . Ahora bien, considerando el siguiente ciclo, calcularemos el tiempo estimado para la ejecución de los trabajos de dragado. El tiempo de llenado de la cantara será de 1 hora. El tiempo de vertido del material en la zona de tiro es de 7 minutos. El tiempo de traslado de ida, desde el centro de gravedad de la zona de la pasarela hasta el centro de gravedad de la zona de tiro al mar es de 2.34 horas, tomando en cuenta que la distancia es de 39 km., el tiempo de regreso de la zona de tiro ubicada en mar abierto hasta la zona de dragado será de 2.24 horas. Realizando la suma de dichos tiempos, tenemos que este ciclo se realiza en 5.69 horas = 6.00 horas.

Tomando en cuenta que la capacidad de la cantara es de $1,000 \text{ m}^3$ y que dicho material producto del dragado contiene agua, se considera un factor de 1.20, por lo que la capacidad de material es de 835 m^3 . Si en 6 horas se dragan y vacían hasta

la zona de tiro 835 m^3 , entonces para una jornada de dragado de 3 turnos (24 horas), se vierten $3,340.00 \text{ m}^3$ por día.

Considerando el volumen total a dragar en la zona del muelle, dársena de maniobras y canal de navegación, que es de $3'058,886.42 \text{ m}^3$, éste se llevara a cabo en 916 días naturales con una draga autopropulsable con tolva, menos los 60 días de mantenimiento, resultan 3 años para ejecutar estos trabajos. Para optimizar tiempos, se propone la utilización de dos dragas de succión autopropulsable con tolva, dando así un tiempo de 1.5 años (18 meses).



Figura 5 y 6. Ciclo de operación de dragado y vertimiento del producto del mismo.

Resultados y Discusión.

Después de lo anterior, se menciona que los trabajos de análisis y determinación de las zonas de tiro, son parte importante del dragado y un resultado favorable en la continuación de este tipo de obras, ya que las operaciones de dragado producen grandes cantidades de material que hay que gestionar. La selección del tipo y de la zona de vertido se deberá realizar teniendo en cuenta criterios medioambientales y económicos de manera favorable y eficiente.

De acuerdo a la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas, nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de enero de 2014, la Secretaría de Marina es la autoridad en materia de vertimientos, por lo que ella expedirá el permiso de vertimientos y vigilará su cumplimiento; además de determinar la zona de tiro, o en su caso, autorizar la zona propuesta por el interesado, mismo que debe presentar ante la Secretaría de Marina, la solicitud de vertimiento por escrito. La Secretaría de Marina, revisará que la documentación se encuentre completa y cumpla con los requisitos mencionados anteriormente. (Cámara de Diputados, 2014)

Actualmente, la Administración Portuaria Integral de Topolobampo (API Topolobampo) tiene autorización de la Secretaría de Marina para utilizar dos sitios circulares de vertimiento de materiales de dragado, así que, tomando en cuenta lo anterior, se procederá a proponer una nueva zona de tiro para el vertimiento del material producto del dragado para este proyecto. Las características de estas zonas de tiro de API Topolobampo se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1. Localización y dimensiones de las zonas de tiro a mar abierto de API (API Topolobampo, 2008).

Zona de tiro	Coordenadas al centro del área		Diámetro (km)	Distancia a la boya de recalada (m)
	X	Y		
1	675,010.46	2'811,672.86	2.00	13,398.40
2	665,498.00	2'821,522.00	2.00	15,499.73

Para el volumen que se pretende dragar, la zona de vertimiento del material producto del dragado, tendrá un diámetro de 4,000.00 m (4 km), el área propuesta se localiza en la zona abisal fuera de la plataforma continental. Se considera una distancia promedio de traslado de material producto del dragado, desde la zona de proyecto hasta la zona de tiro propuesta a mar abierto, de 39 km. Las profundidades existentes en la zona propuesta para vertimiento del material producto del dragado oscilan entre los 50 y 54 m. En esta zona, no se cuenta con fauna endógena o en peligro de extinción. Además, se propone distribuir el material de tal forma que este no se deposite en el mismo sitio, provocando acumulación del mismo y la modificación del relieve submarino.

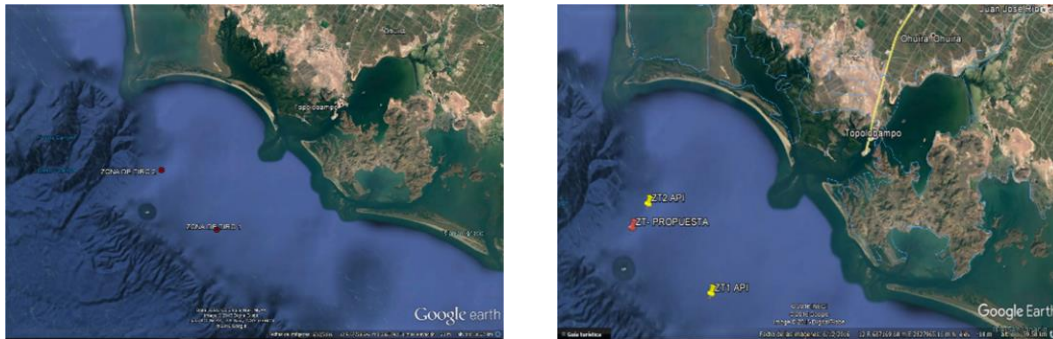


Figura 7 y 8. Zonas de tiro a mar abierto de API Topolobampo y zona de tiro propuesta a mar abierto respectivamente.

Listos la draga y la zona de tiro, se traza el área a ser removida, dando inicio al dragado con el tendido de la tubería (en agua), que conducirá el material dragado para posteriormente comenzar con la excavación, para las uniones de la tubería de succión y descarga, se instalan los flotadores, con apoyo de una retroexcavadora, se dispone una tubería para que la draga pueda ser botada al agua (figura 9).



Figura 9. Tubería de descarga

Durante todo el tiempo que dure la obra, se debe prevenir o en determinada situación, reparar de inmediato cualquier daño, avería o accidente que la maquinaria sufre, de ser necesario retirar y sustituir la maquinaria averiada por una en buenas condiciones para continuar con los trabajos establecidos, ya que es de suma importancia continuar con los trabajos de manera adecuada, eficiente y en el tiempo establecido para no sufrir pérdidas económicas cuando de tiempo se trata. Se deberá confiar el uso de la maquinaria a personal calificado con autorizaciones y permisos que se requieran para su uso, manipulación o conducción, por lo que su operación y mantenimiento debe estar considerada en las actividades propias del dragado. Por último, se debe tener en cuenta el traslado de los equipos de dragado y sus accesorios al término de los trabajos, ya que se deben de desarmar los equipos, para su posterior retiro del sitio donde se llevó a cabo la obra. Cabe señalar, que esta actividad es relevante también, y debe ser considerada en los tiempos y en los trabajos finales del mismo.

Conclusiones.

Las obras de dragado son de suma importancia, ya que cumplen una doble función, extraer el material y llevarlo hasta el lugar de descarga; esto, cuando es preciso crear o aumentar la profundidad requerida para la flotación o navegación de los buques en puertos dársenas, ríos y canales, y otra cuando su finalidad es mantener esos calados, neutralizando la acción de los azolves que pueden ser originados por corrientes, marejadas, acarreo de litoral, etc. Las informaciones primordiales para este proyecto son: diseñar y seccionar las áreas de agua que garanticen acceso a la embarcación de proyecto a la Terminal Portuaria GPO (Gas y Petroquímicos de Occidente S.A. De C.V.). Así como realizar el dragado, generar una zona de tiro de material producto del dragado con un volumen total de 3'182,970.50 m³.

Además de lo anterior, dar a conocer las consideraciones en los trabajos de dragado para la terminal portuaria del grupo GPO (Gas y Petroquímicos de Occidente S.A. De C.V.) y garantizar su correcta operatividad, debido a que la configuración del fondo marino no cumple con las profundidades y calados mínimos para el libre tránsito del transporte marítimo en la zona mencionada, teniendo con esto, que no puedan llegar embarcaciones adecuadas y diseñadas para el arribo a esa terminal.

Agradecimientos.

Al grupo GPO (Gas y Petroquímicos de Occidente S.A. de C.V.), por dar oportunidad a estudiante del Tecnológico Nacional de México / IT Zacatepec en su proyecto de Residencia Profesional; mismo que es de suma importancia en la ingeniería civil.

Referencias

API (julio 2008). Administración Portuaria Integral de Topolobampo, S.A. de C.V. SEMARNAT. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad – Particular sector hidráulico. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/sin/estudios/2008/25SI2008HD059.pdf>

- Aquae Fundación. (septiembre 2022). Los primeros Navegantes de la Historia. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-primeros-navegantes-de-la-historia/>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General (SG). Secretaría de Servicios Parlamentarios (2014). Ley de vertimientos en las zonas marinas mexicanas. [http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/juridico/leyes/LEY DE VERTIMIENTOS EN LA S_ZMM.pdf](http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/juridico/leyes/LEY_DE_VERTIMIENTOS_EN_LA_S_ZMM.pdf)
- Dirección General de Puertos. (2023). Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. Gobierno de México. Acciones y Programas. <https://www.gob.mx/puertosymarinamercante/acciones-y-programas/direccion-general-de-puertos>
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2023). Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Gobierno de México. Normativa para la infraestructura del Transporte. <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html>
- Reyes, P. A. (enero 2020). UNAM. Facultad de Ingeniería. El control del dragado en puertos mediante levantamientos hidrográficos. <http://dicyg.fic.unam.mx:8080/areyes/apuntes/manualparalevantamienoshidrogrficos.pdf>
- Secretaría de Marina. (2023). Gobierno de México. Autorización para ejecutar obras marítimas y de dragado. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/638843/P01_Autorizacion_obras-E.pdf
- SEMARNAT (marzo, 2020). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular. Proyecto: Depósito de Material de Dragado. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/sin/estudios/2020/25/SI2020H0013.pdf>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE PUENTES DE ENSENADA

F. Espinoza-Barreras¹ y J.R. Juárez-García²

¹IUNIVERSI AC, José Higuera 2416, Col. Benito Juárez, Ensenada, Baja California, México-
feb@iuniversi.org ²IUNIVERSI AC jjuarez@iuniversi.org

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: En este trabajo se describen características sismológicas de la parte norte de Baja California y se realiza una evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 29 puentes urbanos de la ciudad de Ensenada. El método utilizado es el Maldonado creado por la Dra. Esperanza Maldonado Rondón, el cual se basa en conjuntos difusos. Estos conjuntos sirven para cuantificar lo cualitativo. El resultado de la vulnerabilidad se presenta como un índice de vulnerabilidad sísmica en una escala de 0 a 10. Se muestran fotos de un puente junto con los parámetros utilizados en la evaluación del índice de vulnerabilidad. Este valor es necesario para calcular el Riesgo Sísmico.

Desde hace años se ha estado trabajando realizando estudios de puentes en Ensenada. Se han hecho mediciones de vibración ambiental, cálculos de respuesta estructural y cálculo de vulnerabilidad sísmica. Aquí se presenta un extracto de lo publicado en los libros Vulnerabilidad Sísmica de Puentes Urbanos de Ensenada (2020) y Catálogo de Puentes Urbanos de Ensenada Baja California (2021) que escribimos Jesús Juárez, Fortunato Espinoza y Esperanza Maldonado (QEPD).

Introducción.

Pese a la sofisticación que en la actualidad ha alcanzado la construcción de puentes, son estructuras que, como cualquier otra, están expuestas a la acción de los fenómenos naturales como el agua, el viento, los sismos, independientemente de las cargas propias que por su naturaleza deben resistir.

Existen diferentes razones por las que un puente puede colapsar, pero quizá la más destructiva y súbita son los sismos. Hay muchos ejemplos en la historia reciente de los centros urbanos en diferentes países, en los que la ocurrencia de un movimiento telúrico deja en evidencia el alto riesgo que estas estructuras tienen. Por esa razón, es necesario identificar los puentes sísmicamente más vulnerables como un paso previo para la posterior elaboración de estudios de planificación, mejora sísmica y mitigación de desastres debidos a terremotos. Para los fines de este trabajo se entiende como *vulnerabilidad sísmica* de un puente, a la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de una acción sísmica determinada y que está directamente relacionada con sus características de proyecto (Maldonado, 2000).

Ensenada, Baja California es una ciudad y puerto que se localiza en el noroeste de México, a 300 km al suroeste de Mexicali, la capital del estado y a 113 km al sur de Tijuana. En términos geográficos, se localiza en una región sísmicamente activa originada por la interacción entre las Placas de Norteamérica y del Pacífico (Figura 1). Los puentes que han sido evaluados se presentan en la Tabla 1.



Figura 1 Localización geográfica de la Ciudad de Ensenada en un mapa que indica el esquema general de la tectónica de México (www3).

Tabla 1 Los puentes de la zona urbana de Ensenada según el obstáculo que salvan.

No	LOCALIZACIÓN	OBSTÁCULO QUE SALVA
1	BLVD. GRAL. LÁZARO CÁRDENAS	CAUCE (Arroyo)
2	CALLE SEGUNDA	CAUCE (Arroyo)
3	AV. JUÁREZ	CAUCE (Arroyo)
4	CALLE NOVENA	CAUCE (Arroyo)
5	CALLE ONCE	CAUCE (Arroyo)
6	AV. ALISOS	CAUCE (Arroyo)
7	AV. AMBAR	CAUCE (Arroyo)
8	AV. REFORMA	CAUCE (Arroyo)
9	CALLE ESPINOZA	CAUCE (Arroyo)
10	CALLE ONCE (Universidad Xochicalco)	CAUCE (Arroyo)
11	AV. REFORMA (Centro Comercial Misión)	CAUCE (Arroyo)
12	PROL. IGNACIO ALLENDE (Iglesia Luz del mundo)	CAUCE (Arroyo)
13	CALLE BRONCE	CAUCE (Arroyo)
14	AV. RIVEROLL	CAUCE (Arroyo)
15	CALLE AGAVES	CAUCE (Arroyo)
16	CALLE PUEBLA	CAUCE (Arroyo)
17	BLVD. COSTERO	CAUCE (Arroyo)
18	AV. PEDRO LOYOLA	CAUCE (Arroyo)
19	AV. REFORMA	CAUCE (Arroyo) y Libramiento
20	AV. MEXICO	CAUCE (Arroyo)
21	ACCESO A VILLA BONITA	CAUCE (Arroyo)
22	ACCESO A ENSENADA POR EL RECINTO PORTUARIO	VIALIDAD
23	HOTEL Y MARINA "CORAL"	ACCESO A ENSENADA POR LA CALLE DIEZ
24	ACCESO A LA UABC	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA
25	ACCESO A ENSENADA DESDE TECATE (Fondeport)	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA
26	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA	ACCESO A CÍBOLAS DEL MAR.
27	ACCESO CARRETERA LIBRE A TIJUANA	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA
28	SAN MIGUEL	CAUCE (Arroyo)
29	CARRETERA TRANSPENINSULAR	CAUCE (Arroyo)

El origen de los temblores en esta zona se debe a la interacción entre la Placa del Pacífico, sobre la cual se ubica la Península de Baja California, y la Placa de Norteamérica, que contiene la mayor parte del territorio nacional. El movimiento relativo entre las placas genera que la del Pacífico, al desarrollar un movimiento hacia el noroeste, se aleje de la placa Norteamérica, la cual se desliza en dirección sureste, sin ningún proceso de convergencia ni divergencia de placas (Figura 2).



Figura 2 Regionalización sísmica de la República Mexicana (PRODISIS versión 4.0, 2015). Se representa la máxima peligrosidad en color rojo y menor en color verde.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, se han desarrollado diferentes metodologías (Gómez Soberón et al., 2000), mismas que pueden agruparse de esta forma

- *Técnicas directas.* Pronostican el daño causado por el sismo en una estructura con métodos tipológicos y mecánicos. Se utilizan en zonas de baja sismicidad.
- *Técnicas indirectas.* Evalúan una índice vulnerabilidad de la estructura, que representa la calidad estructural existente ante cargas sísmicas. Son aplicables en estudios a gran escala.
- *Técnicas convencionales.* Determinan un índice para comparar diferentes estructuras en la misma área de estudio, basado en la comparación y calibración de diversos factores que afectan la resistencia sísmica de una estructura. Califican empíricamente las características físicas de la estructura o utilizan criterios de normas sismorresistentes para evaluar las relaciones entre capacidad y demanda de una estructura. Son aplicables a estudios a gran escala.

- *Técnicas híbridas.* Combinan elementos de diferentes técnicas. (Maldonado, 2000).

De manera particular, para el caso de los puentes, alrededor del mundo se han desarrollado diferentes métodos enfocados a la estimación de un factor numérico que sea capaz de indicar la magnitud del daño que un sismo puede ocasionar en este tipo de estructuras.

La determinación del índice de vulnerabilidad se hace utilizando el Método Maldonado, aplicable en zonas donde no se pueden utilizar modelos de evaluación a partir de daños sísmicos observados, por la carencia de registros o estudios previos.

En el cálculo del índice de vulnerabilidad se utilizan 19 parámetros, considerados los más relevantes e influyentes en el daño que sufrirá un puente bajo la acción sísmica (Tabla 2) y fueron determinados por Maldonado (2000) como parte de su tesis doctoral.

Tabla 2 Los 19 parámetros utilizados que se determinaron con base en los estudios realizados sobre comportamiento sísmico de puentes, experiencias postterremoto, estudios de modelos existentes y opiniones de expertos (Maldonado, 2000).

PARÁMETROS DEL MODELO	
símbolo	descripción
K ₁	Año de proyecto y construcción del puente
K ₂	Tipo de superestructura
K ₃	Forma de la superestructura
K ₄	Existencia de articulaciones internas
K ₅	Material de la superestructura
K ₆	Tipo de pila
K ₇	Tipo de cimentación
K ₈	Material de pila
K ₉	Irregularidad longitudinal en geometría o rigidez
K ₁₀	Longitud de apoyos en pilas
K ₁₁	Tipos de suelo
K ₁₂	Tipo de estribo
K ₁₃	Longitud de apoyos en estribos
K ₁₄	Tipo de aparato de estribo
K ₁₅	Estado de conservación del puente
K ₁₆	Procedimiento constructivo
K ₁₇	Procedimiento constructivo de las pilas (concreto)
K ₁₈	Potencial de licuefacción
K ₁₉	Elementos no estructurales

Dado que el modelo se basa en opiniones de expertos, que en algunos casos son subjetivas e imprecisas, se utilizaron técnicas de conjuntos difusos. Las matemáticas difusas se utilizan para cuantificar lo cualitativo y en este trabajo se emplean para relacionar las calificaciones de cada parámetro y sus respectivos valores de importancia. El método tradicional de combinación de varias piezas de

información, con desigual importancia o pesos, es el llamado “peso promedio” y es utilizado como se expresa en la ecuación siguiente, donde IV es el índice de vulnerabilidad sísmica del puente, K_i es una medida del grado de vulnerabilidad de la categoría del parámetro i . Los valores W_i (pesos) son la medida de la opinión de la importancia asociada al parámetro i respecto a los demás parámetros. Los valores K_i y W_i son números difusos (Maldonado et al., 1998).

$$IV = \frac{\sum_{i=1}^{19} W_i K_i}{\sum_{i=1}^{19} W_i}$$

El concepto de conjuntos difusos lo introduce Zadeh en 1965, como un intento de vencer la severidad de la teoría clásica de conjuntos y poder reunir proposiciones que, por la naturaleza de lo que representan, contienen incertidumbre, imprecisión, ambigüedad, generalidad, errores, aproximaciones, borrosidad. Visto desde otra perspectiva, los conjuntos difusos son una generalización de la teoría convencional de conjuntos, los cuales Zadeh incorporó para representar la vaguedad de la vida diaria y para poder, a través de ellos realizar cálculos con palabras (Sinha et al., 2000).

Resultados y Discusión.

Se muestran los resultados de 29 puentes urbanos en la Tabla 3. La mayoría de los puentes obtiene una calificación de poco *vulnerable* y la calificación más alta, *medianamente vulnerable* es asignada a los puentes 4, 5, 8, 12, 13, 25 y 28. Estos puentes requieren otros estudios. A continuación, se observan fotos del puente 1 en las Figuras 3 y 4.

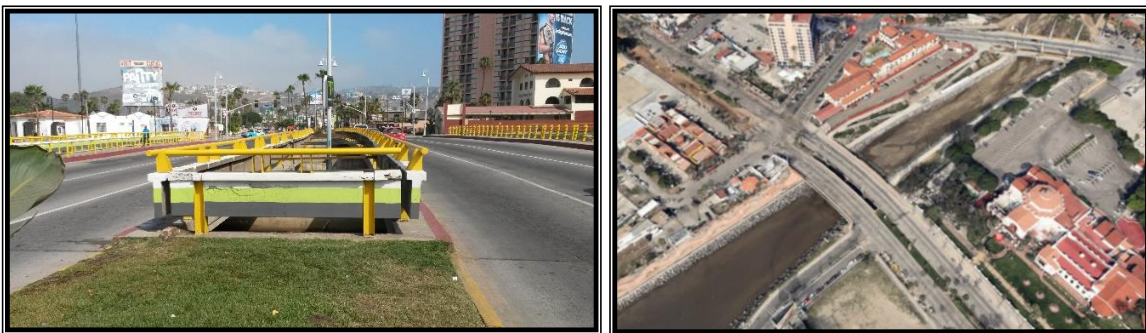


Figura 3 A la izquierda foto de la calzada de rodamiento y a la derecha vista aérea.

Tabla 3 Datos de 29 puentes urbanos de Ensenada. La primera columna contiene un número de identificación, la segunda el nombre de la vialidad a lo largo de la cual se encuentra, de la tercera a la sexta, se presentan las coordenadas geográficas obtenidas de Google Earth y medidas con un GPS, respectivamente. La séptima columna muestra el obstáculo que salva el puente y de la octava a la décima, la longitud, anchura y número de vanos. En las dos últimas columnas se observa el valor calculado del índice de vulnerabilidad y su interpretación.

1	BLVD. GRAL. LÁZARO CÁRDENAS	31°51'31.44"	116°37'14.86"W	31°51'33.5"	116°37'11.7"W	ARROYO ENSENADA	61.50	2 tramos de 15.50 m c/u	4	2.3	POCO VULNERABLE
2	CALLE SEGUNDA	31°51'40.27"N	116°37'6.65"W	31°51'40.6"N	116°37'4.3"W	ARROYO ENSENADA	54.7	15.5	3	3.4	POCO VULNERABLE
3	AV. JUÁREZ	31°51'51.48"N	116°37'1.67"W	31°51'51.7"N	116°36'58.9"W	ARROYO ENSENADA	61.7	16.7	8	3.2	POCO VULNERABLE
4	CALLE NOVENA (IMPULSORA)	31°52'7.50"N	116°36'57.24"W	31°52'7.30"N	116°36'54.3"W	ARROYO ENSENADA	43.3	17.6	3	4.5	MEDIANAMENTE VULNERABLE
5	CALLE ONCE (PUENTE JOROBADO)	31°52'15.88"N	116°36'55.97"W	31°56'16.6"N	116°36'52.9"W	ARROYO ENSENADA	50	20	2	4.1	POCO VULNERABLE
6	ALISOS	31°52'40.62"N	116°36'47.22"W	31°52'40.9"N	116°36'44.4"W	ARROYO ENSENADA	43.00	9.5	3	2.8	POCO VULNERABLE
7	AV. AMBAR	31°52'58.12"N	116°36'41.69"W	31°52'57.7"N	116°36'38"W	(ARROYO ENSENADA)	18.00	21	1	3.1	POCO VULNERABLE
8	AV. REFORMA (PUENTE BONITO)	31°53'0.08"N	116°36'40.29"W	31°53'0.3"N	116°36'37.8"W	ARROYO ENSENADA	24.50	10	5	4.7	MEDIANAMENTE VULNERABLE
9	AV. ESPINOZA	31°52'8.63"N	116°36'48.87"W	31°52'9.3"N	116°36'47.2"W	ARROYO EL AGUAJITO	20.60	10	1	3.5	POCO VULNERABLE
10	CALLE ONCE (XOCHICALCO)	31°52'9.41"N	116°36'38.41"W	31°52'8.1"N	116°36'36.1"W	AFLUENTE DEL ARROYO ENSENADA	18.10	16.8	1	3.6	POCO VULNERABLE
11	AV. REFORMA (MISIÓN)	31°52'19.20"N	116°36'32.38"W	31°52'19.30"N	116°36'29.4"W	AFLUENTE DEL ARROYO ENSENADA	28.10	19.8	1	3.3	POCO VULNERABLE
12	PRÓL. I. ALLENDE (LUZ DEL MUNDO)	31°52'30.54"N	116°35'50.84"W	31°52'30.5"N	116°35'48.2"W	AFLUENTE DEL ARROYO ENSENADA	14.00	8.4	3	3.8	MEDIANAMENTE VULNERABLE
13	CALLE BRONCE	31°52'33.58"N	116°35'36.44"W	31°52'33.8"N	116°35'35.2"W	AFLUENTE DEL ARROYO ENSENADA	15.00	10.7	1	4.1	MEDIANAMENTE VULNERABLE
14	AV. RIVEROLL	31°52'50.25"N	116°36'53.73"W	31°52'49.9"N	116°36'50.7"W	ARROYO DONA PETRA	21.60	14.5	1	3.3	POCO VULNERABLE
15	CALLE AGAVES	31°53'12.39"N	116°37'2.20"W	31°53'8.3"N	116°36'57.8"W	ARROYO DONA PETRA	8.30	8.7	1	3.3	POCO VULNERABLE
16	CALLE PUEBLA	31°53'9.06"N	116°37'0.82"W	31°53'16.9"N	116°37'1.1"W	ARROYO DONA PETRA	11.70	14.6	1	3.8	POCO VULNERABLE
17	PUENTE NUEVO	31°50'44.01"N	116°36'45.84"W	31°50'49.7"N	116°34'21.5"W	ARROYO EL GALLO	21.80	2 tramos de 12.30 m c/u	1	2.8	POCO VULNERABLE
18	AV. PEDRO LOYOLA	31°50'45.88"N	116°36'30.43"W	31°50'46.00"N	116°36'28.2"W	ARROYO EL GALLO	19.25	23.5	1	3.1	POCO VULNERABLE
19	AV. REFORMA	31°50'46.48"N	116°36'14.13"W	31°50'45.8"N	116°36'10.8"W	ARROYO EL GALLO Y LIBRAMIENTO	62.65	26.00	5	3.7	POCO VULNERABLE
20	AV. MÉXICO	31°50'44.50"N	116°35'26.47"W	31°50'43.20"N	116°35'24.3"W	ARROYO EL GALLO	18.00	18.5	1	3.3	POCO VULNERABLE
21	ACCESO A VILLA BONITA	31°50'49.42"N	116°34'24.52"W	31°50'49.2"N	116°34'21.8"W	ARROYO EL GALLO	32.00	10.6	1	2.7	POCO VULNERABLE
22	ACCESO A ENSENADA POR EL RECINTO PORTUARIO	31°51'29.00"N	116°38'11.12"W	31°59'29.10"N	116°38'7.4"W	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA	30.50	36.00	1	3.8	POCO VULNERABLE
23	MARINA CORAL	31°52'0.38"N	116°39'43.32"W	31°52'0.2"N	116°39'40.4"W	CARR. TIJUANA-ENS	30.00	14	1	3.8	POCO VULNERABLE
24	ACCESO A LA UABC	31°51'59.48"N	116°40'4.49"W	31°51'59.9"N	116°40'1.7"W	CARR. TIJUANA-ENS	32.00	13	2	3.7	POCO VULNERABLE
25	ACCESO A ENSENADA DESDE TECATE (FONDEPORT)	31°53'57.13"N	116°42'20.82"W	31°53'55.00"N	116°42'17.7"W	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA	28.15	9	2	4.0	MEDIANAMENTE VULNERABLE
26	ACCESO A CIBOLAS DEL MAR DESDE TIJUANA.	31°54'13.41"N	116°43'24.13"W	31°54'13.13"N	116°43'21.00"W	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA	25.70	22.6	3	2.8	POCO VULNERABLE
27	ACCESO A CARR. LIBRE A TIJUANA	31°54'13.35"N	116°43'42.67"W	31°54'13.00"N	116°43'39.8"W	CARRETERA TIJUANA-ENSENADA	25.80	9	2	3.0	POCO VULNERABLE
28	SAN MIGUEL	31°54'11.83"N	116°43'53.51"W			CAUCE (NO IDENTIFICADO)	82.00	10	4	3.9	MEDIANAMENTE VULNERABLE
29	CARR. TRANSPENINSULAR (SAN CARLOS)	31°46'16.62"N	116°35'20.62"W	31°46'16.5"N	116°35'17.00"W	CAUCE (NO IDENTIFICADO)	38.00	17.5	3	3.8	MEDIANAMENTE VULNERABLE



Figura 4 A la izquierda vista desde el mar y a la derecha vista hacia el mar.

Conclusiones.

Consideramos muy importante tener información de todos los puentes existentes y construir un sitio de internet de acceso libre con un expediente de cada estructura, el cual incluya entre otros datos el Riesgo Sísmico. Nosotros contribuimos aportando el valor de la vulnerabilidad sísmica de algunos puentes. Se requiere mucho trabajo adicional.

Agradecimientos.

Los autores agradecemos el apoyo de IUNIVERSI AC para la realización de este trabajo, también agradecemos a la Universidad Autónoma de Baja California, a su Sindicato de Personal Académico y a la Universidad Industrial de Santander en Colombia, donde trabajaba nuestra amiga y colaboradora, Dra. Esperanza Maldonado.

Referencias

- Juárez G.J.R., Espinoza B.F. y Maldonado R.E., 2020. *Vulnerabilidad Sísmica de Puentes Urbanos de Ensenada*. IUI Editores. México.
- Juárez G.J.R., Espinoza B.F. y Maldonado R.E., 2021. *Catálogo de Puentes Urbanos de Ensenada*. IUI Editores. México.
- Maldonado E., Canas J. A. y Casas J. R., 1998. *Estudio de Parámetros en la Vulnerabilidad Sísmica de Puentes*. Monografía de Ingeniería Sísmica, CIMNE IS-28 1998, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Maldonado E., 2000. *Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en Puentes*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- PRODISIS versión 4.0. Software complemento de MDOC 2015. *Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo*. Editado por la Comisión Federal de Electricidad (Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL). México.
- Sinha S. Narres y Gupta Madan M., 2000. *Soft Computing and Intelligent Systems: Theory and Applications*. Editorial Academic. ISBN 0126464901. Estados Unidos de América.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC PARA PROPONER SOLUCIONES INCLUSIVAS PARA LAS PERSONAS DISCAPACITADAS

A. R. Chávez-Santander¹, J. M. Ramírez-Cuevas¹, J. A. Uribe-Medina¹, A. L. Tejeda-Gutiérrez¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Avenida Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México – alma.cs@zacatepec.tecnm.mx, jose.rc@zacatepec.tecnm.mx, jorge.um@zacatepec.tecnm.mx, luz.tg@zacatepec.tecnm.mx.

Área de participación: DISEÑO ESTRUCTURAL Y OBRAS CIVILES (IC)

Resumen: Se presentan parte de los resultados del proyecto de investigación “Estudio y modernización de la infraestructura física del Instituto Tecnológico de Zacatepec dentro de una cultura inclusiva”, el cual permite que se realicen acciones acordes al Plan de Accesibilidad que facilite la estadía y permanencia de personas discapacitadas visuales y motrices, balizando las áreas destinadas a ellos, modificando la señalética y proponiendo una ruta de acceso con guías podotáctiles a un punto de atención primaria. También se trata la sensibilización y concientización de la comunidad tecnológica en miras de convertirnos en un campus accesible no sólo en infraestructura, sino también en atención social.

Introducción.

El Programa Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 en su apartado “2. Garantizar empleo, educación, salud y bienestar”, se compromete a dar cumplimiento al derecho de todas y todos los jóvenes del país a la educación superior. Por su parte, el Programa de Desarrollo Institucional (PDI) 2019-2024 del Instituto Tecnológico de Zacatepec, busca atender necesidades de mejora en la preparación de las nuevas generaciones, al tiempo que prioriza los principios de inclusión, equidad, sostenibilidad y justicia social.

El PDI cuenta con tres ejes estratégicos y un eje transversal (ET) denominado “Evolución con inclusión, igualdad y desarrollo sostenible”, el cual retoma del PND, la frase “la igualdad como principio rector: la igualdad efectiva de derechos entre mujeres y hombres, entre indígenas y mestizos, entre jóvenes y adultos, y se comprometerá en la erradicación de las prácticas discriminatorias que han perpetuado la opresión de sectores poblacionales enteros” (*sic*).

El ITZ concentra esfuerzos en diversas áreas de estudio y de investigación, a fin de enfrentar los retos anteriormente descritos y con ello garantizar espacios físicos inclusivos, así como una cultura inclusiva de la comunidad tecnológica que aleje los prejuicios de discriminación.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La Ley general para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, así como las Normas y Especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones de INIFED, define a la accesibilidad como las medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones,

incluidos los sistemas y las tecnologías de la información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales (LGIPD, 2023, p. 1)(NEPPCI-INIFED, 2021, p.5).

También define a la discapacidad como la consecuencia de la presencia de una deficiencia o limitación en una persona, que al interactuar con las barreras que le impone el entorno social, pueda impedir su inclusión plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con los demás (LGIPD, 2023, p.2).

Existen varios tipos de discapacidad, la discapacidad física es la secuela o malformación que deriva de una afección en el sistema neuromuscular a nivel central o periférico, dando como resultado alteraciones en el control del movimiento y la postura. La mental es la alteración o deficiencia en el sistema neuronal de una persona, que aunado a una sucesión de hechos que no puede manejar, detona un cambio en su comportamiento que dificulta su pleno desarrollo y convivencia social. La intelectual se caracteriza por limitaciones significativas tanto en la estructura del pensamiento razonado, como en la conducta adaptativa de la persona. La sensorial como la deficiencia estructural o funcional de los órganos de la visión, audición, tacto, olfato y gusto, así como de las estructuras y funciones asociadas a cada uno de ellos (LGIPD, 2023, p. 2-3).

Los datos estadísticos más recientes muestran que 5.7 millones de personas (5.1% de la población) presentan al menos una discapacidad y en el entorno escolar hay más de 5 millones, de los cuales el 25.8% son mayores de 15 años analfabetas, sólo el 48.1% de esta población en edad escolar asiste a clases, teniendo un promedio de escolaridad de 4.7 años (ENADIS, 2010, p. 79).

McMahon et al. (2016) consideran la inclusión, como un constructo multidimensional con cuatro dominios de buenas prácticas: inclusión organizaciones, inclusión académica, evaluación y planificación e inclusión social. La inclusión tiene que ver con el proceso de incrementar y mantener la participación de todas las personas en la sociedad, escuela o comunidad de forma simultánea (Gutiérrez-Ortega et al., 2018, p. 13-26), procurando eliminar y/o disminuir todo tipo de procesos que lleven a la exclusión (Ainscow et al., 2006).

Idealmente, la evolución de una cultura inclusiva debe contar con el apoyo y compromiso de un grupo diverso en el que participen personas con diferentes competencias, limitaciones, ideologías y culturas (Schein, 2004).

Sin embargo, la inclusión no sólo es responsabilidad y trabajo de la comunidad sino también de las autoridades, ya que deben facilitar los espacios y equipos necesarios para facilitar dicha inclusión. Los edificios escolares en México, en su mayoría, no cuentan con las medidas de seguridad para todas las personas, ya que no todos los usuarios pueden desplazarse por ellos de forma libre y sin dificultad, independientemente de su condición física, por lo que son necesarias las adecuaciones para que las personas con movilidad reducida puedan circular sin dificultad. La escuela debiera ser el ejemplo social que provea de un entorno en el que se ensayen nuevas formas de relación, pero la infraestructura escolar, expresa lo contrario (Corral, 2012, p: 77-78).

Para atender los requerimientos de estadía de una persona con discapacidad, se entiende que deben realizarse ajustes razonables, modificaciones y adaptaciones necesarias y adecuadas que no impongan una carga desproporcionada o indebida para garantizar el goce o ejercicio en igualdad de condiciones con los demás, de todos los derechos humanos y libertades fundamentales (NMX-R-090-SCFI-2016).

Las Normas y Especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones del INIFED, en su tomo de accesibilidad tiene como objetivo promover la accesibilidad en la infraestructura física educativa para la atención de las personas con discapacidad (NEEPCI, INIFED, 2021). Por lo que ambos documentos serán guía para el diseño de la modernización de infraestructura física inclusiva del Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Resultados y Discusión.

La obtención de resultados, comienza con el análisis estadístico de la comunidad tecnológica. En este paso se solicitó la colaboración del departamento de Servicios Escolares y Planeación, Programación y Presupuestación, para conocer a las personas discapacitadas que se reportan en la estadística 911, para conocer el número, tipo de discapacidad y nombre de la persona, en estricto apego a la protección de sus datos personales, para poder contactarles por un medio oficial.

Se solicitó al departamento de División de Estudios Profesionales, sus respectivos horarios para que de ser necesario se buscarán personalmente si no se tenía éxito en el correo electrónico.

De los archivos proporcionados por el departamento de Servicios Escolares, se obtuvo la siguiente información:

DISCAPACIDAD	ALUMNOS
FISICA MOTRIZ	10
INTELLECTUAL	2
MULTIPLES	6
AUDITIVAS	2
HIPOACUSIA	2
VISUAL	86
PSICOSOCIAL	3



Fig. 1. Población por tipo de discapacidad.

De estos resultados, se decide atender a la población discapacitada visual, por lo que se diseña la siguiente encuesta.

Encuesta para personas con discapacidad visual

1. ¿Qué nivel de deficiencia visual tienes?
2. Para que tengas una mejor instancia dentro del Instituto. ¿Qué adaptaciones a la infraestructura consideras que se requiere?

La mayoría de los resultados mostró que la discapacidad visual que se tiene es moderada visión y sus aportaciones para mejorar las condiciones de infraestructura son las siguientes.

1. ¿Qué nivel de deficiencia visual tienes?	
a) Profunda	7
b) Severa	11
c) Moderada	46



Fig. 2. Intensidad de la discapacidad visual.

2. Para que tengas una mejor estancia dentro del Instituto ¿Qué adaptaciones a la infraestructura consideras que se requiere?	
a) mejor iluminación en las áreas	31
b) mayor cantidad de señalamientos	8
c) rótulos con mayor tamaño	14
d) pasos peatonales claramente señalados	8
e) huellas pododáctiles	1
f) otros _ (especificar)	2



Fig. 3. Propuesta de adaptaciones en infraestructura para generar un espacio inclusivo.

Estos resultados fueron analizados con el departamento de Recursos Materiales y Servicios y Mantenimiento y Equipo, con el objetivo principal de solicitar el apoyo para atender algunos de estos requerimientos, principalmente en la cuestión de mano de obra.

Se realizó un estudio de mercado para ver las diferentes alternativas que pudiesen ser utilizadas por el plantel para atender estas necesidades. Con el financiamiento del proyecto, se decidió absorber el gasto de las guías podotáctiles y el balizamiento de áreas para discapacitados con pintura antireflejante.

Las guías podotáctiles acompañadas de los mapas hápticos, facilitan al discapacitado visual que requiere de un apoyo adicional (bastón), circular por algunas zonas del Instituto sin ayuda de una persona o perro guía, lo que le facilita su integración con la sociedad.

El balizamiento de áreas destinadas a discapacitados con pintura antireflejante, permite que las personas con discapacidad visual baja, moderada y severa puedan identificar estas zonas y por donde pueden circular sin tener una afectación a su visión derivada de la reflexión de los rayos solares en la pintura. Esta pintura está diseñada en tonos mates para recibir los rayos ultravioletas y disiparlos en la capa

de pintura. Cabe hacer mención que estas pinturas se encuentran autorizadas por las normas NOM-030-SSA3-2013 y NMX-R-050-SCFI-2006.

Simultáneamente se realiza una revisión documental de las campañas aplicadas en el Instituto, respecto a la cultura inclusiva, esta información fue solicitada al departamento de Comunicación y Difusión.

El principal aspecto obtenido de esa información, es que las campañas de difusión son digitales por las redes sociales y página principal del Instituto.



Fig. 4. Balizamiento de pasos peatonales y cajones de estacionamiento.



Fig. 5. Mejoramiento e incremento de letreros.

La fig. 4 se muestra la aplicación de la pintura antirreflejante en los pasos peatonales y cajones de estacionamiento. La fig. 5, muestra el mejoramiento de la señalización vertical en los cajones de estacionamiento, éstos mismos se reacomodaron frente a cada edificio, para dar mayor accesibilidad a los discapacitados motrices, incrementando el número de señalamientos en este rubro y en módulos sanitarios.

En la fig. 6 se presentan dos publicaciones de las campañas de difusión de una cultura inclusiva que atienden a los requerimientos del SGIG; sin embargo, en la fig. 7 se muestran dos imágenes de la nueva campaña de comunicación por una cultura inclusiva. La cual se ha puesto en marcha en las pláticas de normatividad que ofrece el departamento de Servicios Escolares a las y los estudiantes.

El siguiente paso en las actividades planeadas, consiste en diseñar una ruta de acceso y circulación con guías podotáctiles para llegar a un punto de atención primaria, donde en esta primera etapa, se le podrán brindar informes de los servicios que ofrece el Instituto.



Fig. 6. Campaña por una cultura inclusiva 2020-2022.



Fig. 7. Campaña por una cultura inclusiva 2023.

Para su diseño y propuesta, en apego a la normatividad vigente, se analizaron los diferentes puntos por donde el discapacitado pueda transitar de una forma libre y segura. El Instituto al ser un plantel que en sus inicios se erigió con autoconstrucción, presenta muchos obstáculos para los discapacitados, reduciendo considerablemente las opciones factibles de tránsito fluido por pasillos y áreas comunes. La ruta debe salvar obstáculos como la menor cantidad de escalones, desniveles abruptos, escalones, rampas empinadas, vados, terracerías y pisos de adoquín.

La guía podotáctil tiene como objetivo permitir el tránsito libre de un discapacitado visual mediante el apoyo de un bastón blanco que rueda fácilmente por una superficie acanalada que le indica qué camino tomar, si se encuentra con un patrón diferente en la guía, éste indicará cambio de dirección vertical u horizontal, así como la posible presencia de un mapa háptico o señalamiento vertical en lenguaje braille.

La fig. 8 muestra las primeras impresiones de cómo se planea colocar las guías podotáctiles en el acceso del Instituto y durante la ruta propuesta de circulación al punto de atención primario. La colocación de estas huellas aún está en función de la llegada de los mapas hápticos diseñados para brindar información y de las huellas circulares.



Fig. 8. Ruta de guía podotáctil al punto de atención primario.

Los mapas hápticos están realizados con escritura en braille y muestran la ruta de tránsito al punto de atención primaria; así mismo se incluyen otras tres rutas, las cuales se irán instalando en etapas diferentes, en la fig. 9 se muestra un ejemplo de lo que serán los mapas hápticos.



Fig. 9. Prototipos de mapas hápticos.

Conclusiones.

El acceso a la educación de nivel superior es responsabilidad de las autoridades, pero la inclusión de las personas discapacitadas, es trabajo de todas y todos. No basta realizar adecuaciones y/o modificaciones a la infraestructura física educativa, sino también debemos redoblar esfuerzos para que el trato a las personas discapacitadas sea igualitario. Se puede contar con rampas, guías podotáctiles, cajones especiales, elevadores, equipos y mobiliarios que faciliten su estadía y su incorporación con la sociedad, pero sino trabajamos en la cultura inclusiva y disminuimos la brecha de la discriminación, no seremos el ejemplo de las futuras generaciones.

La inclusividad no es una moda, es una necesidad y es un estilo de vida que debemos aceptar en la sociedad. El desarrollo de este proyecto forzó al equipo de trabajo a realizar una introspección de nuestra forma de ver este estilo de vida diferente al de nosotros. Se alcanzaron los objetivos planteados inicialmente, pero también se detectó la necesidad imperante de continuar con estas acciones que permiten la inclusividad.

Agradecimientos.

El apoyo del Tecnológico Nacional de México y del Instituto Tecnológico de Zacatepec hizo posible que éste proyecto fuera factible y tangible.

Referencias

- Ainscow et al. (2006). *Improving Schools, Developing inclusión*. Taylor & Francis Group.
- Corral E. A. (2012, 28 septiembre). Edificios escolares: ¿Infraestructura inclusiva?. *RECIE. Revista Electrónica Científica de Investigación Educativa*, 1(1), 77-78.
- Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación CONAPRED (2010). Encuesta Nacional sobre Discriminación en México ENADIS. Gobierno de México, Datos Abiertos de México - 05_Encuesta Nacional sobre Discriminación en México 2010.
- Gutiérrez-Ortega, M. et al. (2018, 19 diciembre). La cultura, pieza clave para avanzar en la inclusión en los centros educativos. *Revista Nacional e Internacional de Educación Inclusiva*, 11(2). 13-26.
- Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (2023). DOF 06-01-2023. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México.
- Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa (2014). *Normas y Especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones NEEPCI*. 3(II). 3-5.
- McMahon et el. (2016). School inclusión: A multidimensional framework and links with outcomes among urban youth with disabilities. *Journal of Community Psychology*. 44(5). 656-676.
- Norma NOM-030-SCFI-2016 (2016). Que establece las características arquitectónicas para facilitar el acceso, tránsito, uso y permanencia de las personas con discapacidad en establecimientos para la atención médica ambulatoria y hospitalaria del Sistema Nacional de Salud. Secretaría de Salud. DOF 12-09-2013.
- Norma NMX-R-050-SCFI-2006 (2006). Accesibilidad de las personas con discapacidad a espacios construidos de servicio público-Especificaciones de seguridad. Secretaría de Economía. DOF
- Norma NMX-R-090-SCFI-2016 (2016). Escuelas-elementos para la accesibilidad a los espacios de la infraestructura educativa - requisitos. Secretaría de Economía. DOF 24-01-2017.
- Schein, E.H. (2004) *Organizational Culture and Leadership*. John Wiley and Sons.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

UN CASO DE ESTUDIO QUE EVIDENCIA EL DAÑO MAYOR, EN TÉRMINOS EDUCATIVOS, PROVOCADO POR EL COVID

A.C. Campos-Hernández¹, C. G. Bustillos-Gaytán¹, L. Villegas Sámano¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México celia.ch@zacatepec.tecnm.mx, claudia.bg@zacatepec.tecnm.mx, liliana.vs@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN (IA)

Resumen: En el año 2020, se enfrentó a nivel mundial una pandemia que nos mantuvo aislados e incluso de las actividades productivas y educativas, por un tiempo prolongado. Considerando la educación, si bien es cierto que nos obligó al uso masivo de las tecnologías computacionales y de comunicaciones para enseñar/aprender, lo que hasta ese momento no predominaba aun cuando el Modelo del Siglo XXI exhortaba a su empleo, ni todos los profesores supieron hacer un uso adecuado de esas tecnologías, ni muchos estudiantes aprendieron a utilizarlas como medio de aprendizaje. Pero no solo ello fue negativo, los estudiantes ya arrastraban en general una deficiente preparación, a lo que para muchos se sumó un reto muy fuerte en el orden afectivo y en el económico. Conclusión, todos esos factores se conjugaron de forma que hoy, el país exhibe un panorama que muestra lamentablemente carencias educativas muy acentuadas en términos de competencias básicas y además desmotivación en muchos casos, lo que produce una frontera para vencer las carencias y propiciar el aprendizaje. Para los profesores resulta imprescindible buscar la forma asertiva de salvar esta situación y ello implica responder un conjunto de interrogantes importantes y puedan diseñar una estrategia eficaz que lleve a la mejora continua de la práctica educativa. En este trabajo se presenta un estudio pedagógico basado en información real de área de sistemas computacionales y se propone una estrategia para combatir la desmotivación y trabajar por la mejora, como punto de partida del trabajo que no puede seguirse postergando.

Introducción.

Después de tres años en que se detuvo la vida producto del confinamiento por una pandemia que nadie pudo imaginar, es lógico pensar que queden secuelas de todos los órdenes, y el ámbito educacional es una muestra elocuente de ello; ya que provocó consecuencias severas en el aprendizaje de los niños, en su desarrollo como individuos y en el acceso a las oportunidades de educación.

A prácticamente un año de intentar todos entrar en la normalidad y de retomar las clases presenciales como estilo predominante de aprendizaje, los estudiantes presentan dificultades en su desempeño en un amplio espectro de carencias: académicas, económicas, afectivas y motivacionales, que requieren de una estrategia pedagógica que sea capaz de tocar todas y cada una de estas necesidades, en la magnitud precisa y con las prioridades requeridas, de tal manera de que en un período relativamente corto se pueda estrechar la gran brecha de desconocimiento y retraso escolar que provocó la pandemia.

Diferentes pedagogos, de forma distinta pero animados por igual preocupación, han expresado que al ser humano lo identifican sus conocimientos, sus emociones y la manera en que aprende, por tanto, debe haber una unidad indisoluble entre cerebro,

motivación y aprendizaje. Este argumento es el fundamento de muchos trabajos de corte pedagógico que potencian la motivación, como un factor clave para el proceso de aprendizaje. Motivar es una de las primeras acciones que debe acometer un docente antes de impartir su materia, si pretende llegar al estudiante promedio, pero más aún, motivación debe tener un estudiante por sí mismo para aprender con ayuda de un profesor y sin ella. Al igual que en otras muchas facetas de la vida, para aprender hay que querer hacerlo, pues en caso contrario, aunque sobren otros factores contribuyentes, no se producirá el aprendizaje [Frade, 2009].

Sobre el Modelo del Siglo XXI.

“La formación profesional de que es objeto el ser humano que participa en el proceso educativo de México, busca desarrollarlo como un actor ético, asertivo y exitoso en su campo de acción, con una clara identidad organizacional, nacional y compromiso social, así como en una persona íntegra en constante búsqueda de su autorrealización. En consecuencia, una de las finalidades fundamentales es la formación integral, de modo que la educación se concibe como un proceso continuo de desarrollo de todas las potencialidades del ser humano, que lo orienta hacia la búsqueda de su plenitud en el aprender a ser, a hacer, a aprender, a emprender y a convivir, lo cual lo convierte en un ciudadano y un profesionista consciente, responsable y solidario” [TNM, 2004] [Campos,2021].

En los tiempos actuales, las instituciones educativas deben preparar profesionistas capaces de enfrentar, bien preparados, la sociedad del conocimiento y ello implica sobre todo, que sean capaces de aprender a aprender, en otras palabras, que sea autónomo, que identifique la mejor manera de acometer sus procesos de aprendizaje hasta alcanzar la metacognición, identificar su forma de razonar e identificar el desarrollo de sus inteligencias múltiples y lógicamente, eso requiere una motivación permanente, pues en la medida que crece dicha motivación, se aprende con mayor rapidez, gusto, de manera más significativa y de forma continua [Rivas, 2019].

Hablando de aprendizaje, la motivación provoca una disposición positiva al aprendizaje, incluido el autoaprendizaje y es un proceso en el que cada individuo al sentirse motivado por cierto objetivo educacional pone en función sus recursos para alcanzarlos, a saber: una conducta adecuada, sus inteligencias múltiples y sus conocimientos previos [Naranjo, 2009].

Información obtenida sobre el PE Ing. Sistemas Computacionales.

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran al lector algunos datos esclarecedores en torno a la situación anterior, durante y posterior a la pandemia en el PE de Ing. en Sistemas Computacionales, se registra desde la generación que entra el ITZ desde enero-junio 2018 (EJ18), hasta apenas el semestre agosto – diciembre 2022 (AD22)

y se muestran tres índices que resultan básicos para la caracterización de cualquier programa de estudio (PE), el por ciento de reprobación, el de deserción y el de abandono.

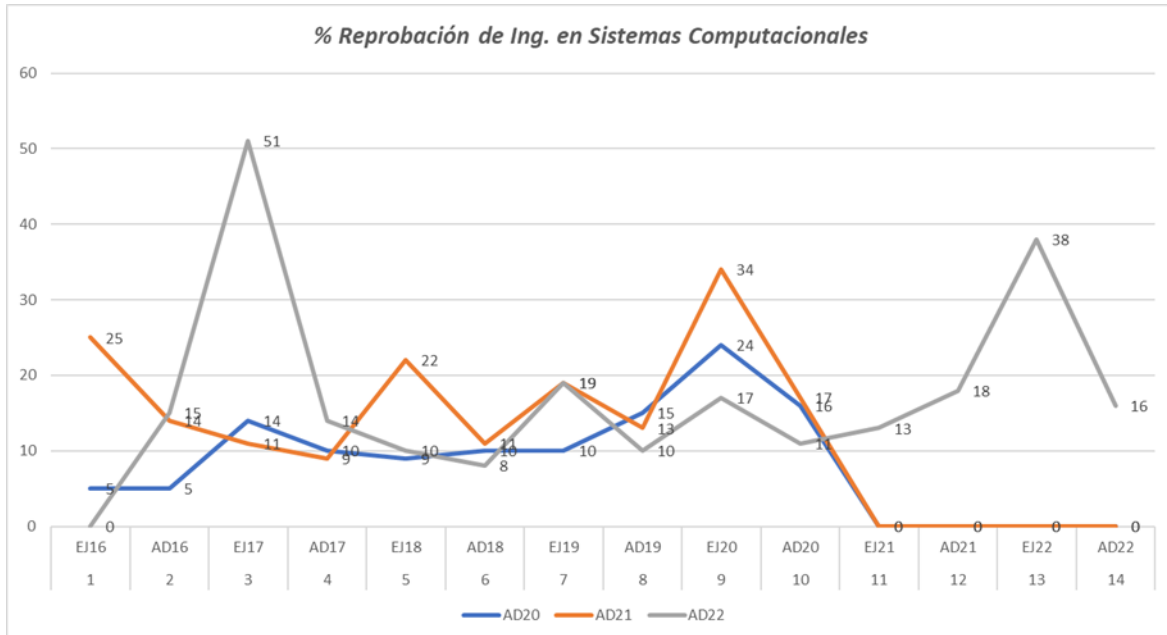


Figura 1: Porciento de reprobación del PE Ing. en Sistemas Computacionales

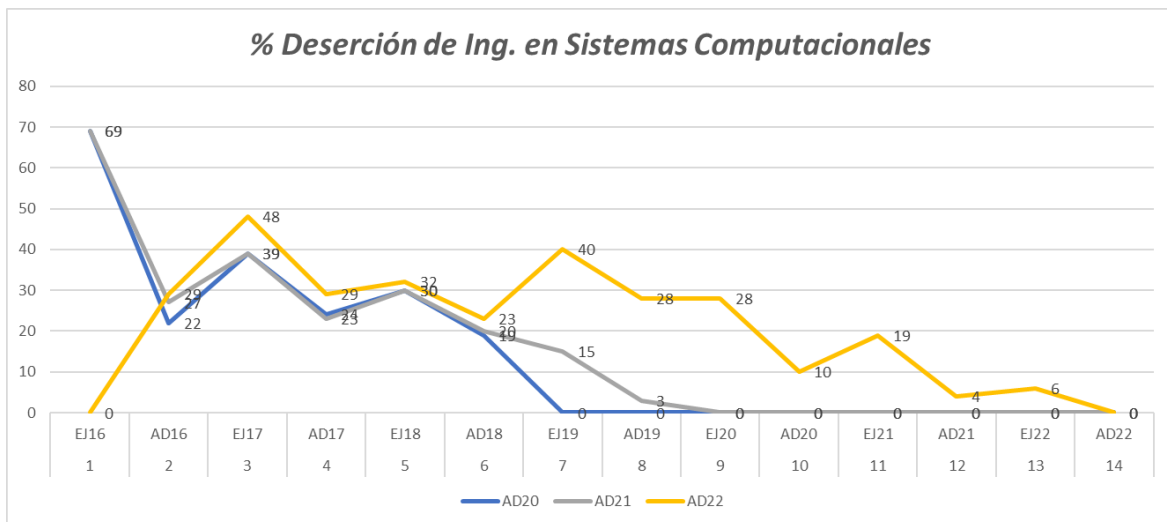


Figura 2: Porciento de deserción del PE Ing. en Sistemas Computacionales

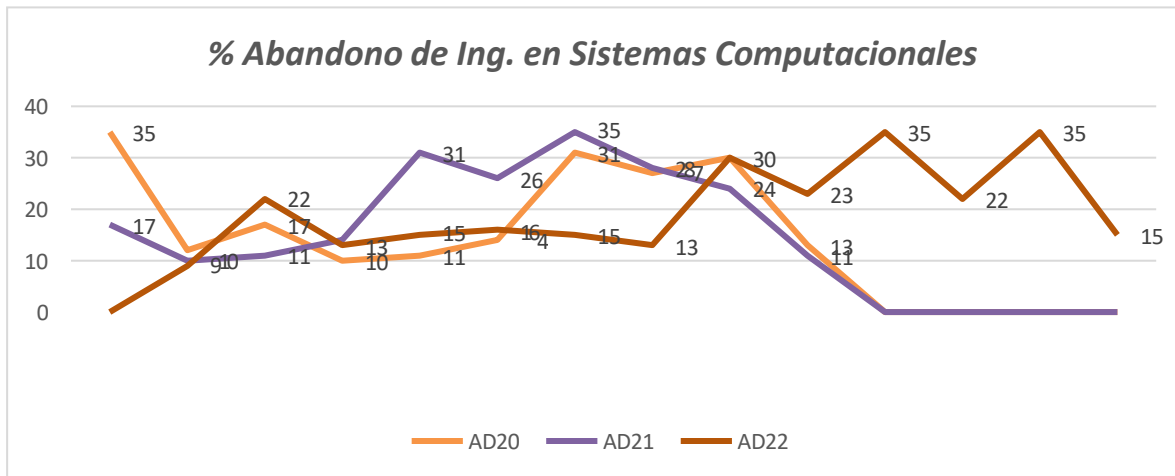


Figura 3: Porcentaje de abandono del PE Ing. en Sistemas Computacionales

Observe que en el semestre AD22 el porcentaje de reprobación fue alto (figura 1, curva gris) sobre todo para los grupos que ya llevaban cierto tiempo estudiando, lo que normalmente debe disminuir con el tiempo, el porcentaje de deserción (se considera deserción después del quinto semestre) fue también alto (figura 2, curva amarilla), siendo de un 40% para dos generaciones y el porcentaje de abandono (figura 3, curva café) fue elevado relativamente, para todas las generaciones que coexisten en el área, llegando incluso a 35% para dos generaciones también.

Con el propósito de ejemplificar la situación que se presenta, en la Tabla 1 se muestran datos de tres grupos de estudiantes del área, que coinciden con ser tutorados de las autoras del trabajo y que son representativos de la problemática que presentan los grupos del área, cuyo ingreso a la educación profesional fue en momentos distintos: antes de la pandemia (generación Ene – Jun 2018), al inicio de ella (generación Ago. - Dic. 2020) y durante la pandemia (Ago. – Dic. 2021) y se ilustra su avance a través de los 10 semestres siguientes, registrándose los parámetros: Cantidad de Inscritos, Cantidad de No Inscritos, % de Deserción y % de Egreso, por cada semestre transcurrido.

Resulta fácil apreciar que: el número de inscritos disminuye a lo largo de los semestres y existe un semestre crítico para la deserción en general, coincidente con el quinto semestre de la carrera porque es sólo después de cinco semestres de abandono escolar, que se considera deserción. El egreso es casi de un 50% con respecto al ingreso. Esta peculiaridad que se describe, que es repetitiva en todos los grupos, tiene un agravamiento con la pandemia: los que ingresan son menos, los que desertan son más y, los egresados requieren de más tiempo para egresar.

Ahora bien, además de esta información valiosa, ¿qué sucede en el día a día, en el aula, en las asesorías, en los pasillos de la facultad?

Tabla 1: Datos de tres grupos diferentes del PE Ing. en Sist. Computacionales

Grupo	Parám.	EJ18	AD18	EJ19	AD19	EJ20	AD20	EJ21	AD21	EJ22	AD22	%
EJ18	Insc.	23	23	18	16	14	14	14	14	13	11	48
	No Insc.	0	5	7	4	2	2	2	2	1	0	0
	Deserc.	0	0	0	0	5	7	7	7	9	9	39
	Egreso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13
AD20	Insc.	0	0	0	0	0	41	34	30	27	27	66
	No Insc.	0	0	0	0	0	0	7	11	14	8	20
	Deserc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14
	Egreso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AD21	Insc.	0	0	0	0	0	0	0	38	32	32	84
	No Insc.	0	0	0	0	0	0	0	0	6	61	6
	Deserc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Egreso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la cotidianeidad, se presenta lo siguiente en las aulas:

- Eventuales inasistencias a clases, así como frecuentes retardos a las mismas, lo que históricamente no se presentaba, sobre todo en los grupos de los primeros semestres.
- Poca participación en clases por parte de la mayoría de los estudiantes y en el universo de las materias del PE, según expresan los profesores en el seno de la academia.
- Casi nulo aprovechamiento de las horas de asesoría que se brindan al semestre (por ejemplo, en el semestre anterior sólo se utilizó alrededor del 10% de las horas ofertadas y se centró en menos del 50% de las materias impartidas, básicamente al final del semestre y la participación histórica en las asesorías era superior al 60% de las horas ofertadas en más de 75% de las materias durante el semestre).
- La tutoría, resulta ser una carga para la mayoría de los estudiantes, en vez de una valiosa ayuda que se puede recibir, pues así lo externan comúnmente.
- Casi ningún nuevo conocimiento entusiasmo, en muchos casos, los estudiantes van a aprobar y no a aprender, según perciben los profesores.
- No hay hábitos de estudio diario, ni métodos eficientes para hacerlo, que les ayude a disminuir sus carencias cognitivas, lo que se evidencia con los resultados de aprobación.

Resultados y Discusión.

Partiendo que los resultados muestran un panorama caracterizado por un importante índice de abandono al PE, lo que a la larga se contabiliza como índice de deserción y junto a ello, un bajo porcentaje de egreso, que se ve acentuado posteriormente a la pandemia, pero también valorando actitudes cotidianas presentes, que van desde el desinterés, la apatía y el mínimo esfuerzo personal y

participación en la actividad estudiantil diaria, la desmotivación es la gran causa que predomina en la actualidad.

Hay un conjunto importante de causales que pueden estar conjuntándose y provocando el síntoma ya descrito, como de hecho se verifica en los documentos que el estudiante de nuevo ingreso llena por voluntad propia y debe entregar al tutor, a saber: mala base cognitiva, problemas económicos importantes en muchas familias, falta de alguna figura paterna y como consecuencia, una afectación emocional importante en los hijos, etc. Integrando todos estos factores se llega a la conclusión de que al final todo resulta en un problema motivacional en el estudiante, por lo que es imprescindible elaborar y aplicar una estrategia eficaz que busque, poco a poco, cautivar al estudiante, y que en él aparezca el interés por conocer; premisa básica para cualquier crecimiento.

Conclusiones.

Considerando los resultados puntualizados, se concluye que una propuesta interesante de estrategia a seguir es la siguiente:

1. Reforzar por cualquier vía válida la autoestima individual. ¡Tú puedes!
2. El profesor debe ser un promotor continuo de conocimiento de manera entusiasta y de forma clara.
3. Resaltar continuamente, la importancia de los temas y su aplicabilidad específica en la profesión.
4. Propiciar la participación del estudiante en todas las actividades que se realicen e instarlo a que llegue a sus propias conclusiones.
5. Trabajar continuamente por la concreción de cierta comunicación estudiante-profesor, de tal manera de lograr una empatía efectiva que potencie el proceso de aprendizaje del estudiante.
6. Facilitarle el aprendizaje con la creación de materiales muy focalizados a las necesidades propias y con ejemplos aclaratorios.
7. Enseñar técnicas de aprendizaje y de formas de resumir un contenido.
8. Utilizar siempre que sea posible la gamificación para garantizar un atractivo mayor en los estudiantes.
9. Estudiar la factibilidad de incentivar la motivación por medio de un crédito académico adicional.

Agradecimientos.

Se desea agradecer el apoyo dado por las autoridades institucionales para la realización de la experiencia pedagógica, en especial al Departamento de Sistemas y Computación, que nos brindó la oportunidad de obtener la mayoría de la valiosa información que nos permitió hacer el análisis mostrado.

Referencias.

- A.C. Campos, C.G. Bustillos; Análisis pedagógico de las carencias de habilidades de los estudiantes de sistemas computacionales., Congreso CITID 2021, México, 2021
- L. Frade Rubio en Desarrollo de Competencias en educación: desde preescolar hasta bachillerato, ED. Inteligencia Educativa, México, 2009.
- M.L. Naranjo; en Motivación: perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo, Revista Educación Vol. 33, No 2, Costa Rica, 2009.
- Y.C. Rivas; en La importancia de la motivación en el proceso de enseñanza aprendizaje, Rev. Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo, Ecuador, 2019. TNM; Modelo Educativo del Siglo XXI, México, 2004.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS DE LA COLABORACIÓN VIRTUAL DE LA MISIÓN SES MÉXICO EN EL PROGRAMA EDUCATIVO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UTSEM 2022

I. Andrade Aguado¹, J.L. Arroyo Anica¹, R.A. Rabadán Celis¹

¹Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos, Carretera Puente de Ixtla – Mazatepec, Km. 2.35, Col.24 de febrero, Puente de Ixtla, Morelos, México- irmaandrade@utsem-morelos.edu.mx, josearroyo@utsem-morelos.edu.mx, robertorabadan@utsem-morelos.edu.mx

Área de participación: GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN (IA)

Resumen: La Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos (UTSEM), estableció un convenio con la asociación SES mediante el cual un experto alemán guía y asesora a través de trabajo académico a los estudiantes de Tecnologías de la Información (TI) en áreas del conocimiento innovadoras, como lo es la Inteligencia Artificial. El objetivo es que los estudiantes complementen su perfil técnico y profesional aplicando los conocimientos adquiridos en una situación real. El alcance de este estudio es analizar los beneficios que tiene este tipo de experiencias en la comunidad de TI. Para el análisis se realizaron reuniones con docentes para recolectar las impresiones sobre la experiencia, en el caso de los estudiantes se les realizó una encuesta. Los resultados, que son principalmente cualitativos, muestran que en el área docente se debe reforzar el perfil para orientar la experticia del docente hacia el tema que se esté trabajando en la colaboración, en el caso de los alumnos se identificó que este tipo de experiencias les permite abrir camino hacia la investigación y aplicación de tecnologías en situaciones reales.

Introducción.

Las colaboraciones institucionales en la educación sirven para mejorar la calidad de los programas educativos, mejorar la eficiencia de los recursos, promover la innovación en la educación, desarrollar mejores estrategias para lograr los objetivos educativos, mejorar la comunicación entre la comunidad educativa y el gobierno, desarrollar mejores prácticas de enseñanza y aprendizaje, fomentar el trabajo en equipo entre profesores, estudiantes y la comunidad, con la finalidad de alcanzar mejores resultados en los propósitos de la educación.

El trabajo en red facilita aprovechar mejor los talentos humanos y los recursos tecnológicos para crear las ofertas formativas de calidad; el rasgo principal del trabajo en red es la colaboración. Colaborar es fundamental pues permite que se aproveche tanto el capital humano como la infraestructura para crear y desarrollar productos pedagógicos (Sandoval, 2017).

Con la finalidad de contribuir al perfil académico y profesional del estudiantado de la carrera en Ingeniería en Entornos Virtuales y Negocios Digitales de la UTSEM, temáticas de Inteligencia Artificial, mismas que se encuentran actualmente en tendencia, y además con la intención de actualizar docentes de especialidad, se llevaron a cabo distintas conferencias grupales que propician la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración entre el Experto Senior Alemán, estudiantes y docentes del programa educativo de tecnologías de la Información de la UTSEM.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

1. Antecedentes

El voluntariado de personas jubiladas aporta mucho a la educación. Estas personas aportan experiencia, sabiduría, conocimiento y una perspectiva única. Pueden ayudar a los estudiantes a entender mejor los temas, compartir sus vivencias y contar historias que los estudiantes no podría obtener de ninguna otra forma. También pueden proporcionar una orientación y apoyo diferente a los estudiantes, lo que puede ayudar a mejorar su rendimiento académico y su motivación. Además, el trabajo voluntario de las personas jubiladas en el ámbito educativo también puede contribuir a mejorar la comunidad, al proporcionar una red de apoyo y mentores para los estudiantes.

Senior Experten Service (SES) es una organización alemana que realiza voluntariado a través del envío de expertos y ejecutivos jubilados, los cuales brindan ayuda en varios ámbitos y sectores. Los voluntarios de la SES desempeñan un papel clave en la implementación de proyectos de desarrollo en todo el mundo. Más de 12,000 expertos han puesto a disposición sus conocimientos en más de 170 países. A través de misiones hacen posible la transferencia del conocimiento y experiencia, fomentan la unión entre personas de distintas generaciones, culturas y naciones; sus prioridades son la mejora de productos y/o servicios, así como la resolución de problemas técnicos, organizativos y económicos (Service, 2020).

1.1. Solicitud de colaboración

Una de las principales razones por las que se solicitó la colaboración del Experto Senior fue ampliar la visión acerca del estado del arte en temas que no forman parte de las asignaturas contempladas en los planes curriculares del programa educativo Tecnologías de la Información, tales como robótica, internet de las cosas e inteligencia artificial. El experto pudo dirigir talleres, conferencias y/o líneas de investigación donde el beneficio radicó en docentes y estudiantes del programa educativo.

1.2. Primera experiencia UTSEM – SES México

En el 2016 la UTSEM recibió la primera visita de un experto, Hermann Grafe, se estableció la colaboración UTSEM - SES México en dos sentidos, el primero fue contextualizar el estado del arte de la robótica a los docentes de la carrera de tecnologías, esto permitió realizar un acompañamiento más completo a los estudiantes; el otro sentido, fue sobre la inmersión de los estudiantes en el área de la robótica, iniciando con conferencias, talleres breves de aplicación, en el que se trabajó sobre la creación de un prototipo de robot para cosecha, los estudiantes pudieron identificar una aplicación de los conocimientos en un ámbito real, además de esto adquirieron los conocimientos básicos para iniciar con algún otro proyecto de aplicación.

Existen numerosas aplicaciones que se pueden generar con la robótica y la agricultura. Estas incluyen:

1. **Sistemas automatizados de riego:** Estos sistemas utilizan sensores de humedad para controlar el nivel de riego de los cultivos y asegurar que se reciba el nivel de agua adecuado.
2. **Aplicaciones de recolección:** Estas aplicaciones utilizan robots móviles para recolectar y cosechar los cultivos con mayor precisión y menor tiempo.
3. **Fertilización automatizada:** Estas aplicaciones utilizan sensores para controlar los niveles de nutrientes y la cantidad necesaria de fertilizantes para los cultivos.
4. **Monitoreo de plagas:** Estas aplicaciones utilizan drones para detectar y monitorear plagas y enfermedades.

Como resultado de esta primera experiencia, en el trabajo docente se escribió un artículo, Design of a robotic robot for the Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos, en el que se presenta el diseño prototipo de un robot didáctico que fue programado por los estudiantes, el robot utiliza un conjunto de sensores para recopilar datos del entorno, fue diseñado para ser controlado a través de una interfaz gráfica de usuario, el objetivo principal fue poner en práctica las bases teóricas revisadas como resultado de la primera colaboración UTSEM-SES México (Figuerola et al, 2016).

2. Colaboración UTSEM - SES México

La Inteligencia Artificial es importante porque está cambiando la forma en que las personas interactúan con la tecnología. Está ayudando a las empresas a automatizar sus procesos de negocios, lo que contribuye a mejorar la eficiencia, la productividad y el ahorro de costos. Está permitiendo a las personas tener una mejor experiencia de usuario al interactuar con los dispositivos y aplicaciones que usan. Está ayudando a los científicos y médicos a descubrir nuevas formas de tratar enfermedades y a ayudar a las personas a tener una mejor calidad de vida. Está ayudando a las empresas a analizar grandes cantidades de datos para generar mejores resultados para sus clientes. En definitiva, la Inteligencia Artificial ayuda a transformar la forma en que vivimos, trabajamos y aprendemos.

En el 2022, se gestionó la colaboración de un experto, Dr. Döpel, quien realizó una serie de clases magistrales con tópicos de Inteligencia Artificial (IA), con la finalidad principal de conocer los conceptos básicos y el desarrollo de la IA, identificando sus aplicaciones, este ciclo de clases magistrales se llevó a cabo en los meses de octubre y noviembre, los temas presentados se listan a continuación:

1. Fundamentos de Inteligencia Artificial
2. Historia de la IA
3. Conceptos y técnicas (estado del arte)
4. Desarrollos actuales
 - a. Procesamiento de lenguaje natural

- b. Reconocimiento de patrones
 - c. Robótica
 - d. Sistemas expertos
 - e. Lógica difusa
5. Modelos de agente inteligente
 6. Heurística

2.1 Análisis de la colaboración UTSEM - SES México 2022

Según (Ramírez, 2018), el trabajo en red es decisivo en el aprendizaje de los estudiantes universitarios, además de favorecer al desarrollo de habilidades blandas, los introduce en los procesos de comunicación para hacer frente a la inestabilidad y complejidad dentro de las redes de la industria, escenarios en los que estarían laborando al finalizar sus estudios.

En la comunidad estudiantil la colaboración UTSEM - SES México 2022 se orientó principalmente a la inmersión en temas que complementan su perfil académico, el fomento al desarrollo tecnológico, la investigación y/o generación de proyectos de aplicación de tecnología en la automatización de los procesos o resolución de problemáticas reales.

2.2 Equipo docente

El análisis que se realizó sobre esta colaboración es cualitativo, orientado a la parte docente como estrategia innovadora en la gestión del talento humano, pues se capacita al personal docente a través de este voluntariado, no solo en el aspecto técnico, sino también en el idioma inglés y cultura.

El equipo docente del programa Educativo Tecnologías de la Información, conformado por el jefe académico, el profesor asociado titular C, técnicos docentes y docentes por asignatura, una vez terminada la serie de clases magistrales, llevó a cabo una reunión donde a través de una lluvia de ideas se comentó cómo cada uno vivió la experiencia desde el punto de vista académico basado en su especialidad, algunas de esas percepciones eran compartidas, sin embargo, cada uno presentó su perspectiva, el resumen se lista a continuación:

1. El idioma fue un reto, pues no todos los docentes cuentan con el nivel de inglés necesario para los temas que se impartieron, sin embargo, con apoyo del intérprete se logró tener un entendimiento suficiente de las temáticas expuestas.
2. Estos temas suman al perfil del estudiantado pues no son parte del plan de estudio, el que los alumnos tengan acceso a este tipo de conferencias les permite ampliar el panorama de aplicación del conocimiento tecnológico.
3. El perfil docente también se complementa, pues al recibir esta capacitación en un área que no es de su especialidad se convierte en conocimiento transversal, mismo que puede reproducirse al interior del aula o convertirlo en un área de

oportunidad para la creación de proyectos de colaboración con la misma comunidad estudiantil e incluso con otras instituciones.

4. Por otro lado, derivado del descubrimiento de nuevas áreas tecnológicas de aplicación, el equipo docente se motiva a tomar el reto de incursionar en áreas diferentes a las de su especialidad.

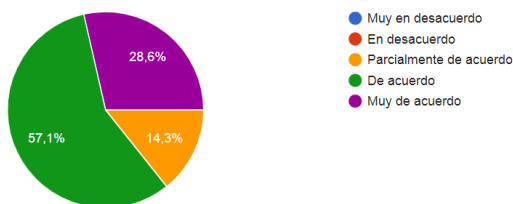
2.3 Comunidad estudiantil

Al terminar el ciclo de clases magistrales, se aplicó una encuesta a la comunidad estudiantil de TI con la intención de recolectar la percepción del estudiantado respecto de esta colaboración UTSEM – SES México. La encuesta se aplicó a los estudiantes del programa de Tecnologías de la Información a través de un formulario de Google en los cuatrimestres de 1°, 4°, 7° y 10°, un total de 34 estudiantes que dieron respuesta a las siguientes temáticas:

1. Cumplimiento de expectativas académicas sobre las clases magistrales
2. Aportaciones de los contenidos a la práctica laboral
3. Aportaciones de las sesiones en la práctica académica
4. Pertinencia de los recursos utilizados en la temática de las sesiones
5. Dominio de los contenidos durante las sesiones por parte del facilitador
6. Percepción de la comunicación del facilitador con los participantes a lo largo de las sesiones
7. Motivación a la participación reflexiva de los participantes

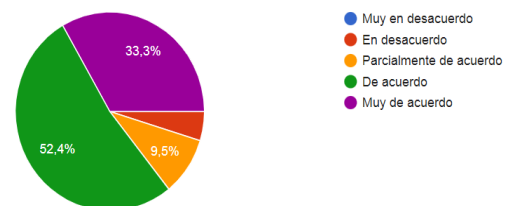
Resultados y Discusión.

Colaboración SES México – UTSEM 2022
Expectativa académica



Gráfica 1. Porcentaje de cumplimiento de las expectativas académicas.

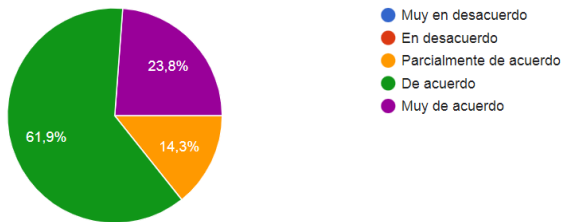
Colaboración SES México – UTSEM 2022
Práctica laboral



Gráfica 2. Porcentaje de alumnos que consideran que los talleres enriquecen su práctica laboral.

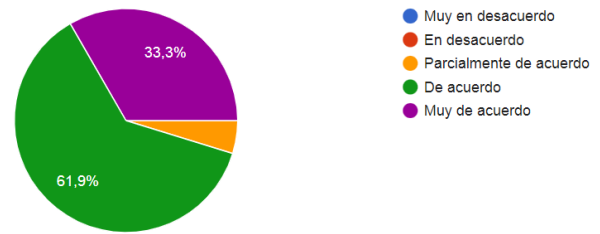
Las gráficas desde una visión general muestran un resultado positivo hacia la colaboración SES México (gráfica 1), es importante destacar que el 85% de los estudiantes reconocen que este tipo de experiencias enriquecen no solo la parte académica sino también la práctica laboral pues les acerca a aplicaciones de la tecnología en casos reales (gráfica 2 y 3).

Colaboración SES México – UTSEM 2022
Práctica académica



Gráfica 3. Porcentaje de alumnos que consideran que los talleres enriquecen su práctica académica.

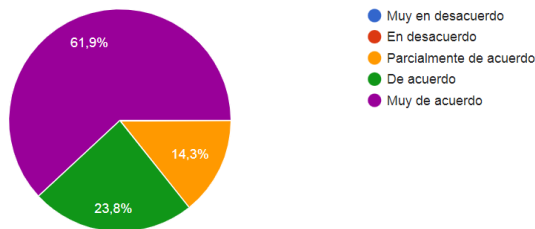
Colaboración SES México – UTSEM 2022
Pertinencia de recursos



Gráfica 4. Pertinencia de recursos utilizados en las sesiones.

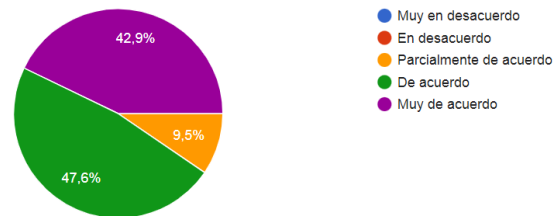
Respecto a la pertinencia de los recursos (gráfica 4), se refiere a los tecnológicos, didácticos, docentes y la misma capacidad para adquirir nuevos aprendizajes por parte de la comunidad estudiantil, el 94% de los estudiantes identifican de manera positiva que existen la mayoría de estos recursos, sin embargo, algunos identifican áreas de oportunidad.

Colaboración SES México – UTSEM 2022
Dominio de contenidos



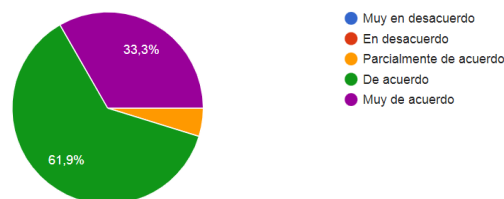
Gráfica 5. Percepción del dominio del experto sobre los contenidos.

Colaboración SES México – UTSEM 2022
Comunicación en sesiones



Gráfica 6. Percepción de la comunicación del experto con los estudiantes durante las sesiones.

Colaboración SES México – UTSEM 2022
Motivación reflexiva



Gráfica 7. Motivación a la participación reflexiva de los estudiantes.

La comunidad estudiantil reconoce el dominio de los temas de IA por parte del experto (gráfica 5), el 89% percibe que hubo una interacción entre el experto-intérprete-estudiante (gráfica 6), lo cual permite superar la barrera del idioma abriendo paso a la participación reflexiva del 94% de los estudiantes (gráfica 7), conforme fueron pasando a sesiones más específicas algunos incluso comenzaron a proponer áreas de aplicación dentro de la misma universidad.

Conclusiones.

Las consideraciones derivadas del análisis presentado son las siguientes:

1. La colaboración UTSEM-SES México suma al perfil académico y profesional de los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información, las colaboraciones con otras organizaciones además de plantear aplicaciones reales sobre temáticas de vanguardia, desarrolla la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipo e incluso conocer otra cultura.
2. Estas colaboraciones con UTSEM-SES México han sumado al perfil de docentes, motivando a la investigación de áreas que complementen su perfil tecnológico.
3. Al generarse proyectos en conjunto, docentes y estudiantes, se propicia la oportunidad para generar proyectos al interior de la UTSEM a los que se les puede dar continuidad.
4. Existe un interés importante en la comunidad estudiantil para que una vez que estas colaboraciones puedan ser de manera presencial, ellos exploren la aplicación de la tecnología en su parte más física, algunas de las propuestas fueron a través del Internet de las cosas.
5. La comunidad universitaria perteneciente al programa educativo de Tecnologías de la Información está motivada a tener una nueva colaboración donde se aplique lo aprendido en teoría para abordar una problemática real.

Agradecimientos

El reconocimiento es para los compañeros docentes que colaboraron en la realización de este trabajo, así como los que de alguna u otra forma fueron parte de la colaboración UTSEM – SES México. De la misma manera, a los estudiantes que con su participación activa son parte fundamental para que estos proyectos tomen relevancia y se lleven a cabo.

Referencias

- Figuerola et al, D. (Diciembre de 2016). Design of a robotic robot for the Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos. *ECORFAN Journal*, pág. 9.
- Ramírez Ramírez, L. N. (2018). El papel de las estrategias innovadoras en educación superior: retos en las sociedades del conocimiento. *Revista de Pedagogía*, 24.

- Sandoval, E. C. (12 de 2017). *Colaboración Interinstitucional Universitaria para la Construcción de un Servicio Educativo: MOOC de Alfabetización*. Recuperado el 28 de 02 de 2023, de Repositorio Institucional BUAP: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/972>
- Service, S. E. (2020). *SES Fundación de la Industria Alemana para la Cooperación Internacional – sociedad benéfica*. Recuperado el 01 de 03 de 2023, de DER WELT EXPERTEN DIENST: <https://www.ses-bonn.de/es/startseite>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

LA FORMACIÓN PROFESIONAL Y PEDAGÓGICA PARA LOS DOCENTES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUSTAVO A. MADERO.

Ma. A. López- Rutiaga¹, J. Zambrano- Ayala¹, Olga Lidia Ortiz- Garcia¹, V.Vázquez-
Gamboa²

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Avenida 608 y
Avenida 412 300, Col. San Juan de Aragón, 07470, Gustavo A. Madero, Ciudad de México,
México/Docente – maria.lr@gamadero.tecnm.mx, jose.za@gamadero.tecnm.mx,
olga.og@gamadero.tecnm.mx

²Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Avenida 608 y
Avenida 412 300, Col. San Juan de Aragón, 07470, Gustavo A. Madero, Ciudad de México,
México/Estudiante - L171130210@gamadero.tecnm.mx

Área de participación: *GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN (I.A)*

Resumen: Actualmente el Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero no cuenta con un Diagnóstico de las necesidades de formación profesional y pedagógica de los docentes, es por este motivo que la investigación se origina, cabe mencionar que aún sigue en curso para conjugar e interpretar los datos y hallazgos bajo el enfoque híbrido (DEXPLIS). La presente se llevó a cabo en tres etapas diseño de instrumento cuantitativo cuestionario cerrado con escala de medición ordinal Likert aplicado a una población 60 docentes, en la segunda etapa se analizaron los datos numéricos que no revelan a profundidad el fenómeno, por ende, se opta por el enfoque mixto o DEXPLIS, se diseñaron instrumentos cualitativos Entrevista a Profundidad y Bitácora observacional no participativa, se aplican en la tercera etapa. Justamente en la última es donde se conjugan y contrastan los resultados de todo el proceso que aún se encuentra en curso para llevar a cabo la estructura de todo el informe final. Ante ello y a manera de corolario es importante considerar que la formación profesional y pedagógica de los docentes a nivel superior tiene como objetivo principalmente nutrir a sus alumnos de los conocimientos que se han adquirido durante la etapa de su formación académica.

PALABRAS CLAVE: Profesionalización Docente, Enfoque Híbrido, IES.

Introducción.

En el ITGAM se busca cubrir una necesidad que se tiene con respecto a su planta docente en cuanto a la capacitación continua para lograr las metas establecidas en el Plan de Desarrollo Institucional del ITGAM (2019-2024); para esto, se busca definir adecuadamente los modelos de planeación y gestión del servicio educativo, con el propósito de obtener los indicadores de gestión educativa establecidos.” Con la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación se fortalece la labor académica y se contribuye a la generación del conocimiento, a través del desarrollo de productos, diseños, procesos y servicios que mejoran la calidad de vida de la sociedad”. (ITGAM, 2019). Por los motivos anteriormente mencionados surge la necesidad de realizar un “Diagnóstico de las necesidades de formación profesional y pedagógicas para los docentes del ITGAM”

Fundamento Teórico.

La Educación como tal en los indistintos países, se concibe como parte de las políticas de gobierno, siendo la educación uno de los ejes centrales para transformar cualquier sociedad. “Actualmente y con el avance de las sociedades mundiales se hace necesario la adopción de una pedagogía comprometida con la reflexión y el pensamiento crítico, cuyo fin último sería la liberación y la transformación de la sociedad”, (Ortiz, 2021). En ese mismo sentido el académico o profesional de la educación se empieza a identificar con visión diferente del mundo e identidad propia identidad que le lleva a asumirse como protagonista de la transformación social, con base en esta nueva visión de la educación y del rol docente es como se empiezan a manifestar los profesionistas de la educación. La preparación constante de los profesionistas que se dedican a la docencia, es de trascendencia en la vida de los universitarios ya que implica una tarea compleja que entraña poner en cuestión las inercias de lo conocido para comprender una clave de reflexión pedagógica y didáctica diferente, fomentando prácticas en diferentes ámbitos. El papel del docente actual según la óptica de, (Argudín, 2020) será el transmitir las estrategias de aprendizaje como procesos cognoscitivos y habilidades conductuales dirigidos a alcanzar ciertos criterios objetivos de aprendizaje en forma efectiva y eficiente. Es bajo esta circunstancia que las instituciones de educación superior para el caso que ocupa que empiezan a demandar profesionales de la educación y con ello aparece el termino profesionalización de la docencia, por tanto, se habla de la posibilidad de considerar a la actividad de la enseñanza como una profesión y, en consecuencia, a los profesores y profesoras como profesionales. “Es decir la profesionalización se plantea, así como una meta valiosa, deseable, porque supone dirigir el trabajo de la enseñanza hacia cuotas más altas de calidad, autonomía, competencia, colaboración”, (Ferrerres, 1999).

El profesional de la educación debería poseer creatividad para implementar estrategias que a través de la motivación llevada a cabo en alumnos adquieran la destreza para construir su propio punto de vista en cuanto a los conocimientos que reciben, puesto que también es importante que desarrollen competencias para seguir adelante en su desarrollo profesional. En consecuencia, definir “el desarrollo profesional como algo multidimensional e interacción dinámica entre las diferentes etapas del profesorado en las que cabe sus experiencias bibliográficas, factores ambientales, carrera profesional, vida y fase de aprendizaje a lo largo de la vida”, (Day, 1998). En este mismo orden y dirección de ideas es indispensable que la formación docente para el nivel universitario o de educación superior se le conceda tal importancia considerando que “la profesionalización docente radica en el hecho de que el profesor afronte su nuevo rol, lo cual exige formación actualizada sobre los avances en materia de educación, así como interesarse en los avances tecnológicos, colaborar con otros profesores, compartir ideas, experiencias y en la medida de lo posible, adaptar nuevas soluciones para el aprendizaje, (Ramírez, 2020). Cuando se habla del término profesionalización docente, se habla de las distintas dimensiones sobre la formación misma y esto se aborda en diferentes

perspectivas, sea bajo el rubro de experto en su área de conocimiento es decir su profesión, de igual manera en formación pedagógica.

La comunidad académica profesionalizada en consecuencia significa que los docentes pedagógicamente preparados persiguen un propósito claro y compartido en relación con el aprendizaje de todos los estudiantes, incentivan a que participen en actividades conjuntas a fin de lograr diversos propósitos y asumen responsabilidades colectivas para el aprendizaje de los estudiantes. La pasión por la docencia es algo que no se puede dejar pasar por alto debido a que es fuente de inspiración de un gran número de profesionistas ya expertos y de alumnos que han visto en sus maestros una forma de vivir y la pasión por compartir sus conocimientos. En los marcos de las observaciones anteriores en consecuencia “La profesionalización de una ocupación se contempla como un conjunto de procesos históricamente analizables mediante los cuales, un grupo de profesionales logra demostrar su competencia en una actividad de relevancia social y es capaz de transmitir a otra –competencia– y de imponer su modelo frente a otros profesionales concurrentes con la ayuda del estado”, (Tenorth, 1988) citado en (Ferrerres, 1999).

Los saberes que los maestros poseen son fundamental para la solidificación de los pilares de una sociedad y más en el ámbito de lo educativo. Es evidente entonces que la profesionalización puede identificarse con desarrollo profesional que, para (Hoyle, 1980) significa el proceso por el que los profesores adquieren el conocimiento y las habilidades, esenciales para una buena práctica profesional en cada etapa de su carrera docente. Es decir, los profesores van paulatinamente aplicando ciertas habilidades y destrezas producto de la profesionalización mismas que se reflejan en crecimiento gradual de ellos mismos y de los educandos, también cabe agregar, la continua praxis del docente crece en experiencia, dando como resultado el dominio y mejoramiento al impartir conocimientos de manera concreta para el alumnado donde los resultados se pueden traducir en aprendizajes de estos últimos. Por lo tanto, la formación docente es un proceso complejo y un conjunto de visiones pedagógicas que generan una propia identidad didáctica según, (Ortiz, 2021) es así como cada docente tiene la facultad de establecer sus métodos pertinentes y personalizados para impartir sus conocimientos al alumnado. Después de las consideraciones anteriores (Ruiz, 2012) citado en (Ortiz, 2021) menciona que uno de los retos de la formación docente es la construcción de una “sensibilidad y pertinencia de la enseñanza ante la heterogeneidad étnica, socioeconómica, cultural y de género de los estudiantes, y liderazgo tanto a nivel escolar como comunitario”, es por esto que la cultura de un país es factor fundamental para lograr la gran diversidad con la que cuenta la educación.

Resultados y Discusión.

Para llevar a cabo este apartado es pertinente hacer una breve descripción del enfoque de la investigación y la metodología empleada, cabe agregar que dicha investigación aún se encuentra en curso concluyendo con el informe final de todo el proceso de investigación. En un primer momento se eligió el paradigma de investigación cuantitativo, se diseñó un instrumento de medición con escala de Likert, la escala que se empleo fue Definitivamente Si igual a 1, Probablemente Si

igual a 2, No Estoy Seguro igual a 3, Probablemente No igual a 4 y Definitivamente No igual a 5; el cual se validó a través de una tabla de indicadores, con base en ella se cumplieron con los criterios de validez de constructo y de contenido, de igual manera se validó a través de un panel de expertos (docentes de la institución donde se llevó a cabo este proceso) en dicho instrumento se establecieron las dimensiones Formación Profesional y Formación Pedagógica, así como indicadores e índices respectivamente. Para la confiabilidad se emplearon técnicas no probabilísticas, la primera que se eligió fue Split Halves (mitades partidas) por considerarse de rápida aplicación, no obstante, los resultados fueron inconsistentes, es decir, el instrumento no obtuvo estabilidad, por ende, se consideró no confiable, considerando el resultado anterior se procedió a rediseñar el instrumento y aplicar el criterio de Test y re-test a una muestra representativa para ello se establecieron dos momentos de aplicación. Los resultados que arrojó el instrumento ya rediseñado se consideraron confiables por las tendencias y consistencias.

En la segunda etapa se procedió a la aplicación del total de la población que consistió en 60 sujetos de estudio (docentes de la institución), de la población antes citada solo se aplicaron 53 instrumentos los restantes sujetos de investigación refirieron no querer participar en el estudio por razones personales. Durante el análisis se obtuvo una media promedio que es de 1.27 por reactivo y 1.38 por docente, que indica que los docentes consideran que tanto como su formación como conocimientos son acordes y sólidos, para la dimensión "Formación Profesional" se tiene una media de 1.22; respecto a la dimensión "Formación Pedagógica" la tendencia es aceptable, sin embargo, la media promedio de 1.27 no es lo deseable, lo que indica que los docentes no tienen conocimientos en el uso y aplicación de herramientas didácticas.

En la figura 1, se muestra una gráfica de caja y brazos de ambos enfoques, tomando como referencia la sumatoria de las respuestas, tanto de docente como de reactivo; interpretando una varianza alta tanto en reactivos como en docentes, sin embargo, es notorio la diferencia entre ambas, se observa que la academia adscrita a la que pertenezca los docentes dependerá de la formación profesional de estos.



Figura1. Caja y brazos
Fuente: Marroquín & López (2022).

De acuerdo con los resultados de los análisis (dispersión, graficas de calor, frecuencia relativa y absolutas), se detectaron tendencias dispersas, por lo que se realizaron gráficas de burbujas para detectar de manera visual donde se agrupan las tendencias, con el fin de seguir el análisis de tendencias donde se estudió de manera general a lo particular, en Marroquín & López (2022).

En la Figura 2, se observan ambas tendencias para ser comparadas y poder comprender el comportamiento de los docentes, dicho esto se puede analizar que la academia que tiene una diferencia notable en cuanto a resultados de ambas dimensiones: DI (Formación Profesional) y DII (Formación Pedagógica-Docente), es la cuarta academia (logística) con una diferencia notable de 0.22 y la segunda academia (ambiental) presentando una diferencia mínima de solo 0.01, esto significa que no tiene discrepancia en lo que dicen conocer en cuanto a lo que aplican para esta última mencionada, caso contrario para la primer academia (ciencias básicas), la cual su diferencia es de 0.12 se sugiere tomar estos datos en consideración para el análisis e interpretación de la investigación.



Figura 2. Media por Academia
Fuente: Marroquín & López (2022)

Dadas las condiciones que anteceden los resultados preliminares que se analizaron para explicar la problemática se observó que datos numéricos no evidenciaron a profundidad el fenómeno en cuestión, en consecuencia se tomó la decisión de elegir la metodología mixta o DEXPLIS "...se caracteriza por una primera etapa en la cual se recaban y analizan datos cuantitativos, seguida de otra donde se recogen y evalúan datos cualitativos, la mezcla mixta ocurre cuando los resultados cuantitativos iniciales informan a la recolección de los datos cualitativos, cabe señalar que la segunda fase se construye sobre los resultados de la primera. Finalmente, los descubrimientos de ambas etapas se integran en la interpretación y elaboración del reporte del estudio.

Para la segunda etapa de la metodología en la investigación, en el enfoque cualitativo se diseñó y aplicó una entrevista de profundidad titulada "*Experiencia de vida profesional y académica*" que abarcó Vida y actividad profesional, Vivencias académicas sobre la docencia y Experiencias de enseñar. Así mismo se diseñó y aplicó una bitácora observacional no participativa con cuatro dimensiones a observar: Estrategias de aprendizaje, Profesionalismo y conocimiento de su área,

Comunicación grupal, Actitud del docente en aula. A continuación, se sintetizan los resultados parciales obtenidos de estos instrumentos.

Por lo que respecta a la Entrevista de Profundidad se encontró lo siguiente, los docentes reflejaron en sus respuestas que durante la etapa de formación profesional obtuvieron las bases para impartir clases actualmente, de igual forma externaron que se preparan continuamente para así obtener mayor dominio en su área profesional. Para su trayectoria como docentes se sienten satisfechos de aportar conocimientos para la formación de los alumnos, es decir aplican en todo momento los conocimientos adquiridos. Así mismo refieren poseer vocación para la docencia, sin embargo, algunos de los entrevistados mencionaron que llegan al ámbito escolar por casualidad y así encontraron su profesión, impartir clases; también comentan la relevancia del maestro porque es el que educa a todos los sectores en la sociedad. Respecto a la Bitácora Observacional No participativa se encontraron los siguientes hallazgos; casi la totalidad de los docentes utiliza técnicas “expositivas” para impartir clase, privilegia la transmisión de enseñanza (el profesor aporta a sus alumnos y ellos solo reciben el conocimiento); sin cuestionar, utiliza medios tradicionales, esto indica que en general los profesores mantienen una enseñanza tradicional y memorista de la asignatura que imparte, se considera que el profesor es profesional en el área; debido a que memorizó el conocimiento producto de su experiencia laboral.

En forma general relacionan conocimientos con experiencia laboral profesional en donde utilizan la terminología correspondiente, casi en su totalidad de los docentes de estudio relaciona los conceptos, los cuales replican en conocimientos ya establecidos cúmulo de su experiencia profesional; los maestros tienen disposición para la aclaración de dudas, fomentan la participación del grupo, retroalimentan con ejemplos y en solo pocos casos llegan a emplear medios visuales y/o electrónicos. Buscan en algunas ocasiones la atención del alumnado haciendo uso de su lenguaje corporal para transmitir sus conocimientos. En el otro extremo se encontraron que algunos no logran manejar a su grupo esto indica que el maestro carece de estrategias adecuadas para control de grupo., en cuanto a la motivación respecto a la participación del alumnado en general solo preguntan para la aclaración de dudas. De manera general se describen los resultados parciales de la metodología Mixta (DEXPLIS). Usando la triangulación pertinente de los hallazgos con ambos enfoques.

La de formación profesional bajo el enfoque numérico apunta en sus resultados a que el docente muestra una sólida preparación y experiencia laboral. No obstante, algunos profesores refirieron que llegaron a la docencia por casualidad. Y en este sentido es palpable en la observación que solo se limitan a exponer y repetir lo que aprendieron en las aulas y lo que han obtenido en el campo laboral. Por otro lado, la tendencia de los docentes es de carencia en la preparación pedagógica. En concordancia con el instrumento Bitácora observacional que justamente el docente solo se limita a reproducir conocimientos memorísticos y a utilizar medios tradicionales para transmitir la enseñanza. Sin embargo, durante esta fase de entrevista alguna de ellos argumentaron una pasión por la profesión docente, hecho

que es altamente cuestionable ya que la tendencia numérica apunta a lo contrario y no concuerda con lo expresado por el profesor. También se observó que algunas preguntas que son indicativas de la formación pedagógica fueron manipuladas por el docente en favor de sí mismo. Sin embargo, cuando se particulariza la observación, discrepa lo observado con las respuestas favorables externadas por el docente en el instrumento cerrado. De la misma forma los sujetos entrevistados manifiestan poseer vocación por ser docentes y que en efecto encontrarse en preparación contante en lo pedagógico. Considerando lo anterior nuevamente se entra en discrepancia entre lo observado y lo que argumentaron, con reservas de los datos numéricos. Como se refirió con anterioridad al contestar el instrumento, en algunos casos se detectaron tendencias dispersas, concentrándose en la opción 1 que es favorable al docente en algunos reactivos y en la opción 5 que en la relación de los reactivos también les favorecía.

Por último y a manera de conclusión los anteriores datos y hallazgos solo muestran que los docentes, aunque refieran estar preparados pedagógicamente, la realidad es que no demuestran con hechos lo que argumentan. Los datos cuantitativos auxiliaron a localizar los patrones generalizables en la participación de los docentes en cuanto su formación profesional y pedagógica, mientras que los datos cualitativos se obtuvieron de narrativas personales y técnicas de observación no participativa mediante una Bitácora Observacional.

Para obtener información y contrastarla con otros autores (Ortiz, 2021) indica en que, “las practicas menos favorables eran las que replicaban la enseñanza tradicional. Estaban basadas en tareas poco significativas como el dictado o la transcripción”. La presente investigación da a conocer que la educación se sigue impartiendo en forma de enseñanza tradicional, lo cual impide explorar otros métodos de enseñanza con indicadores de calidad, para alcanzar la excelencia académica que se requiere en la actualidad. Por su parte, (Lieberman, 2000) citado en (Maxwell, 2019) menciona “La comunidad profesional significa que los docentes persiguen un propósito claro y compartido en relación con el aprendizaje de todos los estudiantes, participan en actividades conjuntas a fin de lograr ese propósito y asumen responsabilidades colectivas por el aprendizaje de sus estudiantes”. Ante ello La (UNESCO, 2009) en la Primera Conferencia Mundial sobre la Educación Superior en el siglo XXI, menciona que las políticas universitarias reconocen cada vez más, como un aspecto importante, la formación profesional pedagógica de los profesores, vía que garantiza la calidad de los procesos universitarios...elemento esencial para las instituciones de enseñanza superior es una enérgica política de formación del personal. Se deberían establecer directrices claras sobre los docentes de la educación superior. En este mismo orden y dirección, los resultados antes evidenciados muestran serias discrepancias entre lo que es real y observable del quehacer docente en el aula y lo que únicamente se queda en el papel, lo que a coincidir con (Pérez, 2020) la formación profesional pedagógica debe ser un proceso que abarque la etapa inicial y pos graduada, debe estar centrada en la práctica profesional y los contenidos a recibir deben estar relacionados con todas las funciones de un profesor del nivel superior. Finalmente, para concluir es

innegable que la continua formación profesional y pedagógica en los profesores que se encuentran frente a grupo es vital, indistintamente que sean poco o muy expertos en su ámbito profesional, sin embargo, si han optado por el camino de la docencia es necesario formarse en los aspectos pedagógicos y que ello se demuestre en el aula.

Conclusión.

Los métodos mixtos permiten presentar un panorama más amplio y enriquecedor en cuanto a diversos estudios dado que permiten obtener información más enriquecedora acerca de una problemática. Para el caso que ocupa la presente *La Formación Profesional y Pedagógica de los Docentes del Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero* institución de educación superior, es conveniente subsanar la carencia en la preparación pedagógica y en algunos casos dotar de más conocimientos expertos a los profesores, es decir que se actualicen en su área de conocimiento, que continúen una preparación profesional de posgrado o especialización. Bajo la premisa anterior el docente hoy por hoy debiera ser un profesional en toda la extensión de la palabra, ser consciente que como profesor universitario es responsable de formar a los futuros profesionistas que a su vez se insertaran en el mercado laboral una vez concluida su formación académica.

Agradecimientos.

Gracias a la Dra., Ma. A López Rutiaga por compartir sus conocimientos y el apoyo brindado a la presente investigación, así mismo al Dr. José Zambrano y la Mtra. Olga Lidia Ortiz García por su contribución académica.

Referencias.

- Argudín, (2020). Aprender a pensar leyendo bien. Paidós. México.
- Day, C (1998). La formación Permanente del Profesorado en Europa: Temas y Condiciones para su Desarrollo en el Siglo XXI. Revista de educación (317); 31-44.
- Ferreres V., (1999) Formación y actualización para la función pedagógica. Ed. Didáctica y organización escolar. México
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista. (2014) Metodología de la investigación .México Ed. Mc Graw Hill. Interamericana
- Hernández, S., & Mendoza, C. (2018) Metodología de la investigación las rutas Cuantitativas, cualitativas y mixtas. México. Mc Graw Hill. Interamericana
- Liberman, A. (2000). Networks as Learning Communities: Shaping the Future of Teacher Development. Journal of Teacher Education- J TEACH EDUC. 51. 221-227.10.1177/0022487100051003010.
- Pérez, (2020) La formación profesional pedagógica del profesorado universitario. Estudio comparado de experiencias universitarias. Revista Cubana de Educación Superior versión on-line ISSN 0257-4314 recuperado en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025743142020000100004#:~:text=El%20estudio%20revel%C3%B3%20que%20la,un%20profesor%20del%20nivel%20superior.
- Marroquín Hernández, I.J. & López Rutiaga, M.A (2022). 'Aplicación de metodología DEXPLIS para la Investigación "Diagnóstico de las necesidades de formación profesionales y pedagógicas para los docentes del ITGAM"'. [Proyecto de residencias 2022]. Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero. México.
- Maxwell, Joseph A, (2019) Diseño de Investigación cualitativa. Gedisa S.A. Barcelona, España. Mc Graw Hill. México.

- Montico (2004). La motivación en el aula universitaria: ¿una necesidad pedagógica? *Ciencia, Docencia y Tecnología* vol. XV, núm. 29, noviembre, 2004, pp. 105-112 Universidad Nacional de Entre Ríos Concepción de Uruguay, Argentina
- Ortiz & Palmas (2021). *Investigación cualitativa y cuantitativa en educación y cultura digital*, UAM, México
- Ramírez, L. (2020). Profesionalización docente: Competencias en el siglo XXI. Observatorio, Instituto para el Futuro de la Educación, Tecnológico de Monterrey. <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/profesionalización-docente-competencias-siglo-XXI>.
- Ruiz, G. (2012), "La Reforma Integral de la Educación Básica en México (RIEB) en la educación primaria: desafíos para la formación docente", en *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol.15, núm.1, pp.51-60.
- Tenorth H. (1988). Profesiones y profesionalización un Marco de Referencia para el análisis histórico del enseñante y sus organizaciones. *Revista de Educación* N.285 pp. 77- 92.
- Terrazas Olvera, S.L & López Rutiaga, M.A (2022). 'Desarrollo de metodología de la investigación para los paradigmas cuantitativo y cualitativo (diseño de instrumentos para el proyecto. "DIAGNOSTICO DE LAS NECESIDADES DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y PEDAGÓGICA PARA LOS DOCENTES DEL ITGAM")'. [Proyecto de residencias 2022]. Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero. México.
- Torres Miranda Teresa 1 Centro de estudios para el perfeccionamiento de la Educación Superior de la Universidad de La Habana, Cuba. Recuperado en: <https://orcid.org/0000-0003-0660-7009>
- UNESCO (2009) Conferencia Mundial sobre Educación Superior 2009: La nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo. París: UNESCO.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGIA, INNOVACIÓN Y DOCENCIA 2023**. El instituto a los editores no es responsable ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

EL LIDERAZGO Y SU IMPACTO EN EL CLIMA ORGANIZACIONAL DE LAS EMPRESAS DE ZEMPOALA, VERACRUZ

D. Melgarejo-Galindo¹, V. E. Higareda-Arano¹, L. Melgarejo-Galindo¹ y A. García-Romero¹

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Carretera Cardel Chachalacas km 4.5, Úrsulo Galván Veracruz, México - doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx, victor.ha@ugalvan.tecnm.mx, loida.mg@ugalvan.tecnm.mx, 118883619@ugalvan.tecnm.mx,

Área de participación: GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN (IA)

Resumen: El clima organizacional es fundamental para el buen funcionamiento de toda empresa, ya que es vital un clima adecuado que favorezca la interacción y adecuado desarrollo de funciones de los trabajadores, que es vital para el éxito de la organización. En el caso de las empresas de Zempoala, Veracruz, que en su mayoría buscar crecer y lograr el éxito empresarial, para lo que es fundamental el buen funcionamiento de la organización, lo cual está determinado por la labor de los jefes, de su liderazgo con sus colaboradores, lo que deriva la conveniencia del presente estudio, el cual tiene el objetivo de determinar si el liderazgo del jefe impacta en el clima organizacional de las empresas de Zempoala y en función de ello, de ser necesario el diseño de estrategias de mejora. La investigación es descriptiva, ya que este tipo de investigación, se soportar principalmente en técnicas como la encuesta y la revisión documental (Bernal, 2010), así mismo, se considera un estudio transversal "...en un tiempo determinado y en una población específica." (Álvarez y Delgado, 2015), para la aplicación de la encuesta se diseñó como instrumento un cuestionario, del que se obtuvo datos que permitió el logro del objetivo planteado y evaluación de la hipótesis de investigación.

Introducción.

El clima organizacional, se puede definir como el conjunto de percepciones que los individuos y los grupos que trabajan en una organización tienen de su lugar de trabajo. Esto hace que la gente se sienta cómoda, a gusto, en un ambiente agradable y amistoso, de acuerdo a sus expectativas, o que, por el contrario, el pase mal durante su tiempo de trabajo, por cualquier motivo vinculado a la situación laboral. (González y González, 2010)

La importancia del clima organizacional reside en que éste puede llegar a influir en el desempeño de los colaboradores de una empresa, de manera positiva o negativa. Un ambiente laboral en el que predomine una buena comunicación e interacción entre los trabajadores puede ayudar a que estos se sientan cómodos e inclusive, hasta motivados para realizar eficientemente sus funciones; en embargo, en muchas ocasiones las empresas presentan un clima laboral inadecuado que dificulta la comunicación e interacción, afectando el funcionamiento de la organización y limitas su crecimiento.

En el caso específico de las empresas de Zempoala, Veracruz, que han presentado problemas para crecer por un posible inadecuado clima organizacional, lo que deriva la conveniencia de evaluar el clima organizacional en tales empresas, así como evaluar el liderazgo de los jefes, para determinar el ser factor que impacta en

el clima organizacional y con ello, de ser necesario, el que se diseñen estrategias de solución o mejora en las empresas.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El clima organizacional al ser un aspecto fundamental para el funcionamiento de toda organización ha sido un tema de interés no solo para las empresas y los trabajadores, sino también en diversos estudios, con la finalidad de entenderlo, describir su importancia e identificar factores que impactan en él.

El conocer y comprender la forma como los empleados de una entidad perciben su realidad laboral mediante un apropiado diagnóstico que identifique aquellas áreas de conflicto, constituye una herramienta esencial para implementar la intervención necesaria de manera que se realice un cambio planificado a su mayor bienestar y a una mayor productividad. (Departamento administrativo de la función pública, 2001)

Respecto a investigaciones referentes a la importancia del clima organizacional, tal como (Espinoza, 2018) menciona en su obra titulada “Clima organizacional Nivel de satisfacción en la Unidad Educativa Particular La Dolorosa” que:

Un clima organizacional adecuado puede generar mayor eficiencia en el uso de los recursos y mejor ambiente laboral para alcanzar satisfacción en el trabajo; por esto, resulta importante generar ambientes laborales adecuados y estructurados, para que los resultados obtenidos en las organizaciones, particularmente en las instituciones educativas, se orienten a ofrecer servicios de calidad.

Debido a la importancia del clima organizacional se ha buscado no solo describirlo, sino identificar posibles factores que impacten en él, tal como es lo considerado en la investigación “Factores internos que influyen en el clima organizacional como potencializador de desempeño laboral”:

Existen diferentes factores que influyen en el clima y pueden intervenir de modo negativo o positivo en la práctica laboral del trabajador, entre los factores que pueden intervenir negativamente, está la falta de comunicación entre los trabajadores, la falta de responsabilidad, la carencia de sentido de pertinencia hacia el trabajo, la falta de estímulos, la provocación por parte de otros compañeros por malas relaciones en el sitio de trabajo, entre otros aspectos que son los que deterioran el clima y hacen que la productividad sea deficiente. Mientras que los factores que intervienen positivamente en la productividad de la organización se encuentra un personal motivado, satisfecho con su trabajo, con sentido de pertenencia hacia la organización, con principios y valores, con deseos de día a día ser una mejor persona con sus compañeros y su entorno, entre otros; son factores importantes para que el componente humano tenga un comportamiento laboral eficiente, y al mismo tiempo, un adecuado clima laboral (Castro Piña, 2017)

Con lo hasta ahora mencionando en el que se describe la importancia de un buen ambiente laboral en las empresas, que favorezca la adecuada comunicación entre sus colaboradores y facilite la interacción para el adecuado desempeño de las funciones de los trabajadores, y el identificar factores que influye en él, propicia la conveniencia de la presente investigación, cuyo fin es determinar si el liderazgo del jefe es un factor que influye en el clima de las organizaciones de las empresas de Zempoala, Ver., y que en el caso de ser necesario, los resultados obtenidos sirva de referencia para el diseño de estrategias de mejora tanto del liderazgo como del clima de dichas empresas de estudio y de la región. El estudio parte de la pregunta de investigación ¿El liderazgo del jefe impacta en el clima organizacional de las empresas de Zempoala, Veracruz? y de la que se formuló como hipótesis “El liderazgo del jefe impacta en el clima organizacional de las empresas de Zempoala, Veracruz” y como objetivo “Determinar si el liderazgo del jefe impacta en el clima organizacional de las empresas de Zempoala, Veracruz.”

Con la identificación del problema, hipótesis y el objetivo de investigación y al derivarse la presente investigación del proyecto Factores de productividad en las MIPYMES de la zona centro del estado de Veracruz, desarrollado por los docentes integrantes del cuerpo académico del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITURG-CA-4), posee un método cuantitativo, debido a que se estudia fenómenos susceptibles de cuantificación y utiliza pruebas estadísticas para el análisis (Lara, 2013) de los datos.

El estudio se inicia con una investigación documental, la cual consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio (Bernal, 2010)

Así mismo, la investigación se considera descriptiva, ya que se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernández et. al, 2010), como en este caso, el de identificar y describir los factores de productividad del personal de MIPYMES de la zona centro del estado de Veracruz, dentro de los que se consideran tanto el liderazgo como el clima organizacional. También se considera descriptiva, ya que este tipo de investigación, se soportar principalmente en técnicas como la encuesta,... y la revisión documental (Bernal, 2010), y el estudio de campo de la presente investigación se desarrolla en Zempoala, municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, en el que se utiliza técnica la encuesta y se diseñó como instrumento de medición un cuestionario integrado por preguntas, de opción múltiple, de escala de calificación y preguntas abiertas, que se aplicó a una muestra empresas del lugar de estudio durante en un tiempo específico, por lo cual, se considera un estudio transversal “...en un tiempo determinado y en una población específica.” (Álvarez y Delgado, 2015).

En el estudio de campo se utilizó la técnica encuesta para la que se diseñó como instrumento de medición un cuestionario dirigido a personal de las empresas del lugar de estudio; el cuestionario se aplicó de manera digital utilizando la aplicación de Formularios de Google y enviándose a través de correo electrónico y whatsapp, a una muestra de 48 empresas de Zempoala (tamaño de muestra determinada por la disponibilidad y accesibilidad de personal de las empresas); la encuesta se realizó durante el periodo de septiembre a noviembre del año 2022 en horario de 8:00 a 18:00 horas, por ser horario con mayor disponibilidad para que el encuestado pudiera responder el cuestionario con tranquilidad y mayor sinceridad; sin embargo, la investigación al derivarse de un proyecto general, la validación de instrumento se realizó en diciembre de 2021, del que en su momento, al no surgir dudas sobre las preguntas que lo integran ni observaciones de mejora, ya que el personal encuestado entendió y respondió correctamente dicho cuestionario, fue validado.

Finalmente, durante el periodo diciembre del año 2022 a febrero del año en curso, se realizó la clasificación, representación gráfica y análisis datos, a través de la hoja de cálculo (Excel), en el que se demuestra el logro de objetivo planteado y evaluación de la hipótesis, así como la formulación de conclusiones que contribuyan al diseño de estrategias de mejora en las empresas.

Resultados y Discusión.

Para la presente investigación, se realizó una encuesta a una muestra de 48 empresas de Zempoala, Veracruz, en la que se aplicó como instrumento de medición un cuestionario dirigido a empleados que en ellas laboran, de lo que se obtuvo los siguientes resultados:

De acuerdo a la actividad económica de las empresas de estudio, el 56% de las organizaciones pertenecen al sector comercial, 42% al sector servicios y únicamente el 2% al industrial, como se representa en la figura 1.

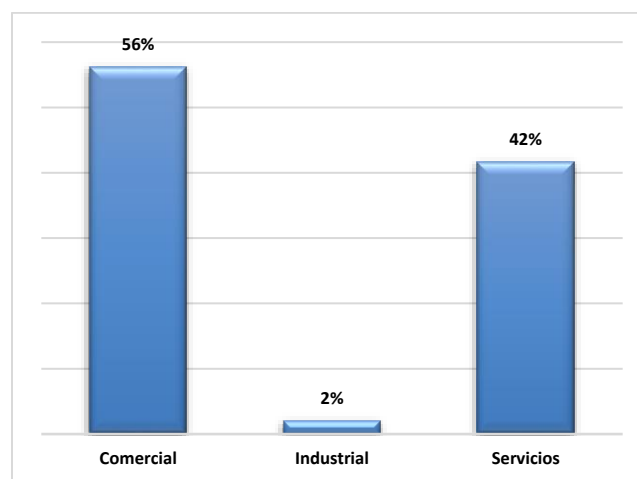


Figura 1.- Sector de las empresas, de acuerdo con su actividad económica.

Con relación a la evaluación del liderazgo del jefe en las empresas de estudio, el 40% de los encuestados evalúan como excelente, seguido de 38% que lo consideran como bueno, 19% con perciben como muy bueno, y 4% lo califican como malo, tal como se muestra en la figura 2.

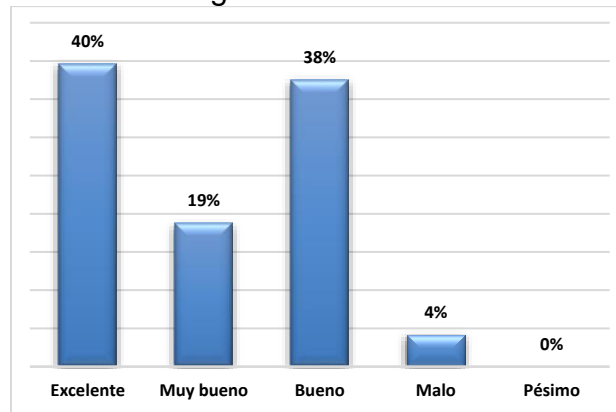


Figura 2.- Evaluación del liderazgo del jefe.

Así mismo, con relación a la evaluación del clima organizacional en las empresas de Zempoala, con igual porcentaje (33%) de los encuestados evalúan como excelente y muy bueno, seguido de 29% que lo consideran como bueno, y también con igual porcentaje (2%) lo califican como malo y pésimo el ambiente a la empresa, como en la figura 3 lo representa.

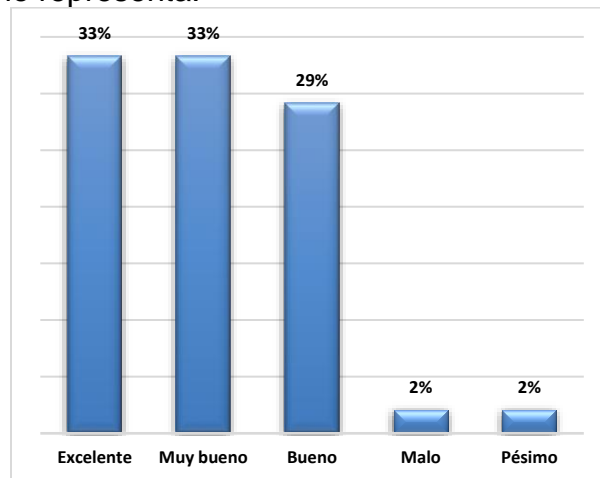


Figura 3.- Evaluación del clima organizacional.

Respecto al impacto del liderazgo de jefe en el clima organizacional de las empresas de Zempoala, al visualizar el diagrama de dispersión, arrojó como resultado una relación de tipo lineal entre el liderazgo del jefe y el clima organizacional. Particularmente se puede notar una covarianza positiva ya que a medida que aumenta X también incrementa Y, es decir, a medida que aumenta la calificación del liderazgo incrementa la calificación del clima organizacional y viceversa.

Así mismo, en el diagrama se muestra un coeficiente de correlación lineal simple 0.4067, lo cual indica, que existe una correlación positiva baja entre las variables representadas en el diagrama, significando que clima organizacional tiene una baja dependencia directa con del liderazgo del jefe, es decir, si el liderazgo se incrementa (o mejora) un poco, el clima organizacional incrementará (o mejora) un poco y viceversa, lo cual indica que liderazgo impacta poco clima organizacional y por tanto, se puede considerar el primero impacta en el segundo, sin embargo, estadísticamente no es significativa la interdependencia, por lo cual no hace conveniente realizar un análisis de regresión, tal como se muestra en la figura 4.

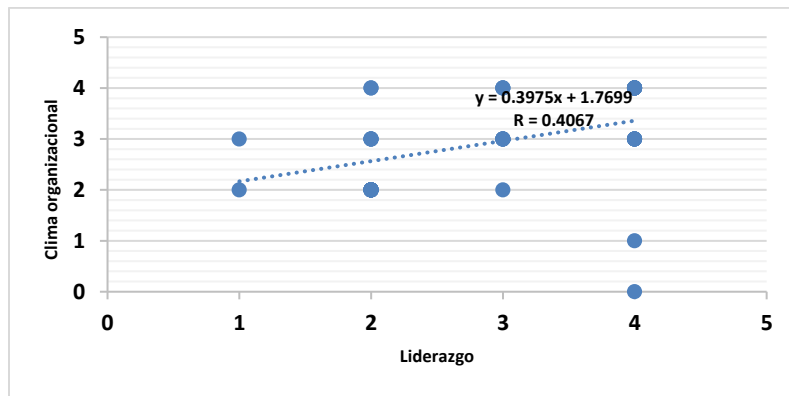


Figura 4.- Impacto del liderazgo del jefe en el clima organizacional

Por otra parte, considerando los resultados obtenidos, se coincide con (Espinoza, 2018) en que “un clima organizacional adecuado puede generar mayor eficiencia en el uso de los recursos y mejor ambiente laboral para alcanzar satisfacción en el trabajo...”, ya que si la empresa propicia un buen ambiente laboral, facilitar la comunicación, interacción y desarrollo de funciones de sus trabajadores.

Finalmente, se está de acuerdo con (Castro, 2017) en que “existen factores que intervienen positivamente en la productividad de la organización se encuentra, un personal motivado, satisfecho con su trabajo, con sentido de pertenencia hacia la organización, con principios y valores, con deseos de día a día ser una mejor persona con sus compañeros y su entorno, entre otros...” que con los resultados obtenidos, entre otros factores, pudiera considerarse el Liderazgo del o los jefes, ya que ello contribuye a motivar al trabajador y buscar su motivación.

Conclusiones.

Derivado de los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que la mayor parte de las empresas de Zempoala, Veracruz pertenecen al sector comercial y de servicios, ya que de manera conjunta representan el 98% de las empresas, tal como se muestra la figura 1.

Respecto a la evaluación realizada sobre el liderazgo de los jefes en las empresas, se concluye en su mayoría (el 97%) es considerado de excelente a bueno (figura 2); así mismo, con relación al clima organizacional en tales empresas, también es evaluado de excelente a bueno (representando el 95% de las encuestas), tal como se presenta la figura 3.

Finalmente, la figura 4 al revelar un coeficiente de correlación lineal simple 0.4067, de demuestra que existe una correlación positiva baja entre las variables representadas en el diagrama, significando que el clima organizacional tiene una baja dependencia directa con el liderazgo del jefe, lo que significa, que al incrementar o mejorar la calificación del liderazgo de los jefes, incrementará o mejora un poco la calificación del clima organizacional y viceversa, con lo que se demuestra que el liderazgo del jefe impacta en el clima organización de las empresas, sin embargo, es poca la interdependencia. Con ello, se demuestra el logro del objetivo planteado “Determinar si el liderazgo del jefe impacta en el clima organizacional de las empresas de Zempoala, Veracruz” y se evalúa y acepta la hipótesis de investigación “El liderazgo del jefe impacta en el clima organizacional de las empresas de Zempoala, Veracruz”, lo cual conviene el considerar estrategias que contribuyan a lograr que los jefes sean buenos líderes, ya que de lograrlo o mantenerlo, contribuirá a un mejor clima organizacional, y por ende, el buen funcionamiento de las empresas.

Agradecimientos.

Al Tecnológico Nacional de México Campus Úrsulo Galván por las facilidades para realizar la presente investigación, a integrantes del cuerpo académico Gestión e innovación en las organizaciones (ITURG-CA-4) y al personal de las empresas encuestadas.

Referencias

- Álvarez Hernández, G. y Delgado De la Mora, J. (2015). *Diseño de Estudios Epidemiológicos.I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. Fies, 28*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf>
- Bernal, C. D. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Pearson.
- Castro Piña, C. (2017). *Factores internos que influyen en el clima organizacional como potencializador de desempeño laboral*. Colombia. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16665/castropi%C3%B1a%20amariac%20arolina2017.pdf?sequence=1>
- Departamento administrativo de la función pública. (2001). *Clima organizacional*. Colombia. Obtenido de <https://www.calameo.com/read/002047800d21749cbcaba>
- Espinoza, X. (2018). *Clima organizacional. Nivel de satisfacción en la Unidad Educativa Particular La Dolorosa*. Quito. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6169/1/T2597-MIE-Guevara-Clima.pdf>

- González, H. E. y González, L. E. (2010). *Clima organizacional*. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1uoSKX2_50OmBRA8eAzJE8cHV1AR4AfDK/view
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. D. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Cd. de México: México.
- Lara Muñoz, E. M. (2013). *Fundamentos de investigación, Un enfoque por competencias* (Segunda ed.). Ciudad de México, México: Alfaomega.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS DE LA NOM-035 Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS REGIONALES

L.A. Viñas-Meza, P. Ochoa-Trujillo, A. López-Barrales

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II SN, Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México- luisa.vm@teziutlan.tecnm.mx, patricia.ot@teziutlan.tecnm.mx, ana.lb@teziutlan.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IA)

Resumen: En esta investigación, se analiza a la capacitación como un factor trascendental para el desarrollo de los trabajadores en su desempeño laboral. Para saber cómo es que la capacitación influye en los trabajadores es importante conocer el tema de capacitación, las técnicas que se utilizarán y los materiales interactivos que servirán como apoyo de explicación. Se utilizan diversos tipos de investigación y métodos que ayudarán a llegar a identificar los problemas que se pueden erradicar y proponer estrategias para solucionar estas disyuntivas. Dentro de esta investigación se identificaron los beneficios que los trabajadores obtiene al recibir la capacitación en la NORMA-035-STPS-2018, que habla sobre los riesgos psicosociales, además de que se aplica un método de recopilación de datos para después analizar los resultados para observar y analizar si en realidad ayuda a los trabajadores y si comprendieron el tema que se les impartió.

Introducción

La Capacitación de acuerdo con los autores William B. Werther y Keith Davis, en el libro “administración de personal y recurso humano”, la definen como: Grupo de actividades que buscan dar apoyo para generar nuevas competencias y cambiar posturas de todos dentro de los departamentos buscando un mejor rendimiento laboral. (Werther & Davis, 2008) El objetivo de los recursos humanos es, ayudar a moldear la conducta de los trabajadores para que sea la más adecuada a desarrollarse de la mejor manera, además de ayudar a que incrementen su productividad.

Así mismo, existen muchas definiciones de lo que son los recursos humanos, una de ellas es la que los autores Herbert J. Chrudden y Arthur W. Sherman Jr. proporcionan en su libro “Administración del personal” y hace referencia a: “Es la transición para apoyar a todos para incrementar el rendimiento, además, otorgar buena conducta cumpliendo con las necesidades de la organización. (Herbert J. Chrudden, 2005) Dentro de cualquier empresa el departamento está obligado a impartir capacitaciones ya sea en el ámbito social o productivo, dependiendo el giro de la empresa, además de que, al impartir capacitaciones en el ámbito social, ayuda a que el ambiente sea mejor y se eviten roces entre los mismos trabajadores y si tal es el caso de que surjan, el departamento sea capaz de encontrar una solución.

De acuerdo con lo anterior esta investigación se plantea como principal objetivo “Analizar los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos de la encuesta sobre riesgos psicosociales aplicada a los empleados de la empresa CONFETEX S.A. de C.V. y determinar si es la causa del bajo rendimiento y abandono laboral”.

Desempeño laboral

Hace referencia a la eficacia y eficiencia del trabajador que pertenece a la empresa donde se consideran las habilidades y conocimientos. (BIZNEO, s.f.) En términos generales, se dice que el desempeño laboral hace referencia al comportamiento y la forma en que los trabajadores hacen sus labores, se analizan su comportamiento tanto positivos como negativos y se debe revisar como sus actitudes impactan en la empresa.

Aspectos para evaluar del desempeño laboral

Productividad y calidad: se le denomina productividad cuando se llevan a cabo las tareas encomendadas en su totalidad y en el tiempo establecido todo esto combinado con herramientas de medición que permitan al empleado realizar las labores de manera óptima, a esto llamamos un trabajo de calidad. (BIZNEO, s.f.) En primera instancia, es importante que al contratar nuevo personal la empresa de a conocer sus objetivos así para que los nuevos empleados se vayan familiarizando y tomen en cuenta las metas institucionales. Al conocer todo esto más a fondo, los trabajadores pueden mejorar su trabajo, pero al mismo tiempo mejorar la calidad de este. Es recomendable que la empresa diseñe plantillas de productividad para que vaya midiendo el trabajo de cada uno de los trabajadores, así para que se tenga un control de toda la producción y se tenga una unidad de medida, dependiendo del control se pueden comparar los rendimientos y si existe alguna reducción, la empresa diseñe alguna estrategia para recuperar su nivel y mejorarlo.

Eficiencia: La eficiencia se denomina la forma de realizar las actividades en tiempo y forma con lo establecido no solo por la empresa sino también por el consumidor final que dentro de todo son los que definen si el trabajo se realizó de manera eficiente. (BIZNEO, s.f.)

Actitud: Es un factor importante que se ve relacionado dentro del ambiente laboral al momento de llevar a cabo las actividades encomendadas. (BIZNEO, s.f.) Las actitudes de las personas, son las que permiten que las relaciones interpersonales sean posibles.

Esfuerzo: Una forma que también permite medir el desempeño de los trabajadores dentro de sus actividades. (BIZNEO, s.f.) Las personas deben de esforzarse en cualquier aspecto de su vida, para hacer un buen trabajo, ellos deben de esforzarse en realizar su trabajo para que todo lo que realicen lo hagan de mejor manera y sin que haya devoluciones de trabajo por cosas mal realizadas.

Trabajo en equipo

“La Capacitación es el proceso educativo de corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, por medio del cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos”. (Chiavenato, 2011)

Cursos de capacitación

Según el autor Chiavenato (2007), “La Capacitación es el proceso educativo de corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, por medio del cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos”.

NORMA Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018

Según la secretaria del trabajo: La **NOM-035-STP-2018** tiene dentro de su objetivo principal implementar los elementos para identificar, examinar y advertir los factores de riesgo psicosocial en el trabajo, así como para fomentar un entorno organizacional laboral muy satisfactorio en los centros de trabajo. Esta norma se aplica en todo el territorio nacional y aplica en todo tipo de organizaciones. Sin embargo, se puede aplicar dependiendo el número de trabajadores que laboran dentro de la institución, por consecuencia de lo anterior, se derivan tres niveles que son los siguientes: Centros de trabajo donde laboran hasta 15 trabajadores; Centros de trabajo donde laboran entre 16 y 50 trabajadores, y Centros de trabajo donde laboran más de 50 trabajadores. Al observar los niveles anteriores, la empresa tendrá que analizar en qué situación se localizan, para así cumplir con las disposiciones que correspondan de acuerdo con el número de colaboradores que se encuentran registrados. (Secretaría del Trabajo y Prevención Social. Gobierno de México)

Esta norma es la encargada de identificar a los trabajadores que encuentran en riesgo psicosociales, además de fomentar un entorno saludable entre compañeros de trabajo.

Importancia de capacitar a los trabajadores en la NORMA 035

Los principales puntos sobre la importancia de capacitar a los trabajadores son: La fortaleza mental ya que es primordial y debe ser procesada con suma relevancia y con la misma prioridad que se le da a una situación de salud física. El equilibrio que existe entre el proceso laboral y particular del recurso humano de una empresa el cual debe hacerse respetar, porque gracias a esto puntos anteriores los empleados de la organización aumenta la productividad sin importar el género, al conocer la norma, los derechos o responsabilidades al respecto a un sano ambiente laboral. (Universidad Valle de Grijalba, 2020)

Sección Experimental

Planteamiento del Problema

La empresa Confecciones Textiles de Teziutlán SA de CV (CONFETEX), está conformada por 5 plantas de producción y cada una de ellas cuenta con un supervisor que se encarga de verificar que cada trabajador realice sus funciones y de esta forma hacer que se logren las metas fijadas cada semana. Al medir el rendimiento de los trabajadores del área administrativa se detectan algunas irregularidades dentro de las cuales se puede observar que el rendimiento no es el que debe ser, la empresa ha impartido algunos cursos de capacitación donde se tratan temas psicosociales como el trato entre compañeros y encargados de áreas, sin embargo se necesitan analizar las formas en que se imparten los cursos además de evaluar los resultados y el impacto que deja en los colaboradores y estudiar las consecuencia de la baja del rendimiento laboral.

ALCANCES

Esta investigación se define como exploratorio-explicativo, puesto que se averiguan los factores psicosociales que afectan a los trabajadores por medio de la aplicación de la NORMA-035 además de que se analizan las formas en que se aplica la capacitación en torno a esta norma y sus resultados para posteriormente brindar una mejora.

Así mismo la investigación exploratoria se utiliza para analizar las formas en cómo se aplican las capacitaciones, se observa el plan de capacitación, material didáctico, actividades interactivas y las técnicas que se utilicen para la impartición de la capacitación y la investigación descriptiva utilizada para referir todas actividades que se llevan a cabo en la empresa y posteriormente hacer un análisis de lo observado y describir como impacta la capacitación en los trabajadores y cómo influye en la descripción de puestos.

Por lo anterior se consideran otros aspectos importantes que son: Formas en las que se imparten los cursos de capacitación, análisis del impacto que los cursos tienen en los trabajadores y mala impartición de los cursos de capacitación. Estos 3 aspectos son los más importantes, puesto que, si se tiene una mala impartición de los cursos y además se obtienen resultados negativos, la empresa se ve afectada.

Enfoque de la investigación

El enfoque que se utiliza es Mixto, ya que se evalúan aspectos característicos y aspectos numéricos de las personas al ser entrevistados y al finalizar se realizara un análisis de lo observado, ya que el análisis principal es ver como la capacitación afecta a los trabajadores y como es que cambian las necesidades de puestos en la organización.

HIPÓTESIS

Hipótesis 1: Las formas en las que se imparten las capacitaciones son las correctas y se utilizan técnicas muy recurrentes.

Hipótesis 0₁: Las formas en las que se imparten las capacitaciones son inapropiadas y se utilizan técnicas poco usuales.

Variable independiente: formas en las que se imparten las capacitaciones

Variable dependiente: técnicas poco usuales

Hipótesis 2: No afecta en nada que la empresa no haga estudios para saber si las capacitaciones ya impartidas tuvieron efectos positivos.

Hipótesis 0₂: Si la empresa no hace estudios recurrentes de los cursos ya impartidos no se obtienen datos tangibles y no se sabe si la capacitación tubo resultados positivos.

Variables Variable independiente: no afecta a la empresa

Variable dependiente: las capacitaciones tuvieron efectos positivos

Hipótesis 3: A los trabajadores no les afecta en nada si las capacitaciones son mal impartidas.

Hipótesis 0₃: La mala impartición de los cursos de capacitación tienen efectos negativos en los empleados de la empresa.

Variables Variable independiente: no afecta a los trabajadores
Variable dependiente: capacitaciones mal impartidas.

SELECCIÓN DE MUESTRA

Para determinar la muestra, se toma como universo total a todos los empleados que conforman a la empresa CONFETEX S.A de C.V. obteniendo un total de 1292 empleados. De los cuales se toma como población al área de personal al administrativo, dando un total de 86 empleados que conforman esta población. Para la selección de muestra se utiliza la ecuación matemática que se visualiza en la Figura 1.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Figura 1. Ecuación Matemática. (R, 2014)

La población se representa con “N” que corresponde a 86 empleados, la muestra se representa con la letra “n”, el error se especifica con la letra “e2” que se determina como un 10% de error, el nivel de confianza es “Z2” que en este caso se requiere un 90% con un coeficiente de confianza de 1.65 y la proporción se representa con la letra “p” que se determina como 0.5% de proporción.

Desarrollo de la ecuación.

N =86 Z=1.65 P=0.5e=.10

Como resultado de la ecuación nos da 38, lo que quiere decir que, de nuestra población de 86 empleados del área administrativa, se eligen al azar a 38 colaboradores de la misma área.

RECOLECCIÓN DE DATOS Existen diferentes tipos de métodos de recolección de datos, pero todos tienen el mismo propósito, hacer una recopilación de información, para que esta al final sea analizada y en base a eso se llegue a una conclusión y si es necesario desarrollar diferentes estrategias.

Selección de los instrumentos

Observación: Observar cómo es el método de impartición de capacitación, las reacciones de los trabajadores, ver quien está al pendiente de la plática y quien se distrae.

Entrevistas: Para esta investigación, el instrumento que se requiere aplicar es el de entrevista, puesto que la aplicación de esta es personal y se miden aspectos característicos sobre las capacitaciones y como la perciben. Al finalizar la entrevista se utilizan medios digitales para graficar los resultados que son cuantitativos y cualitativos, para posteriormente analizarlos y obtener un resultado que justifique por qué se obtuvieron.

Para la aplicación del instrumento de investigación, se requirió principalmente dar la plática sobre la NOM-035, para que al finalizar la capacitación se aplicará la

entrevista en la cual se hacen preguntas como si le gusto el curso, que tan importante fue para ellos esta capacitación etc. Después de realizar las entrevistas, se procede a digitalizar los datos recabados para obtener las gráficas correspondientes y poder conocer los resultados. Para la digitalización de los resultados de la encuesta se utiliza la plataforma de Google Forms.

Resultados y discusión

Después de la aplicación de la encuesta como se observa en la Figura 2, se obtuvieron resultados satisfactorios puesto que la mayoría de las personas encuestadas, tuvieron una respuesta positiva a la capacitación de la NORMA -035-STPS-2018.



Figura 2. Aplicación de la Encuesta a empleados del Área Administrativa de CONFETEX. Fuente: Elaboración Propia

La primera pregunta hace referencia a que, si a las personas que estuvieron presentes en la capacitación, les gusto el curso de las cuales el 89.5% de las personas entrevistadas dijeron que el curso de capacitación fue de su agrado, es decir que la técnica que se utilizó para impartir la capacitación fue la adecuada para que los trabajadores entendieran de que se trataba la NORMA-035 y comprendieran los conceptos que se explicaron. También se obtiene que un 10.5% de las personas que estuvieron presentes en la capacitación, no les agrado la plática, esto se debe a que no les gusto la manera en que se explicaron los temas o porque no pusieron atención a los puntos que se tocaron en la capacitación.

En la segunda pregunta de esta entrevista, se toma en cuenta que tan importante les resulto el tema de la NOM-035, de las cuales se les proporciono 3 respuestas y se obtuvieron los siguientes resultados:

Como primer resultado se obtuvo que un 61.1% de las personas que estuvieron presentes en la capacitación, encontraron que la plática fue de suma importancia para ellos, lo que quiere decir que estas personas les interesó saber más sobre la NOM-035. El segundo resultado fue que al 25% de las personas encuestadas la plática les resulto moderadamente importante, lo que indica que, a este porcentaje de personas, no les llamó la atención esta platica. Y como tercer resultado se obtiene que a un 13.9% de las personas que asistieron a la capacitación la consideran que no es relevante, lo que quiere decir que a esta porción de personas no les interesa saber sobre la NOM-035.

Todas estas respuestas que las personas proporcionaron, indica que si supieron identificar qué acciones les perjudican, las consecuencias que pueden tener y la forma en las que impactan en sus compañeros de trabajo. Esta pregunta se manejó de manera abierta, para que las personas pudieran expresarse libremente.

La mayoría de las personas expresaron en la pregunta 4 que saber sobre esta norma les aporta muchos beneficios y uno de ellos es saber más sobre los derechos y obligaciones que ellos tienen como colaboradores de la empresa. Así mismo comentan que el saber sobre esta norma es importante porque deben de entablar una buena comunicación entre compañeros de trabajo, además de que comprendieron que lo más importante para una relación sana entre compañeros es el respeto en todos los sentidos, respetar los puntos de opinión diferentes a los suyos, respeto a las decisiones que estos toman en el trabajo y sobre todo el respeto hacia la persona de cada uno de sus compañeros de trabajo.

En la pregunta 5 manifiestan que al saber más sobre esta NOM-035 podrían identificar los riesgos psicosociales y que si un compañero está pasando por un caso de estos deben tratar de ayudarlo para que salga de ese problema. Además de que ellos ya identificaron a donde acudir para tratar situaciones de forma personal.

Para saber el grado de aprendizaje que se alcanzó después de la capacitación y que las personas pusieron en práctica, se les realizó una pregunta donde ellos tenían que seleccionar un riesgo psicosocial, en esta pregunta se proporcionaron 3 posibles respuestas, donde solo una es la respuesta correcta.

El 86.5% identificó de manera correcta un ejemplo de riesgo psicosocial, lo que indica que este porcentaje de personas comprendieron el tema de manera exitosa y el 13.5% de las personas no pudieron identificar cual fue el ejemplo de un riesgo psicosocial, lo que indica que es posible que hizo falta mencionar más ejemplos de la vida cotidiana para que pudieran comprender mejor el tema ya que comentan que no sabrán si ellos son víctimas de violencia laboral o si ellos son los que violentan a sus compañeros de trabajo.

En la pregunta 6 es donde las personas tenían que responder si eran capaces de prevenir riesgos psicosociales en su trabajo, el 92.1% de las personas contestaron que sí, lo que indica que pueden identificar un riesgo y poder evitarlo.

Los trabajadores tienen más presente que el trabajo en equipo es mejor y que se debe de tener un buen compañerismo, además de que ellos tienen el conocimiento de cómo prevenir todo tipo de riesgo.

Así mismo los encargados de área administrativa ya están enterados de los riesgos psicosociales y ellos deben de brindar la atención si se presenta alguna situación que ponga en riesgo moral o física a las personas que se encuentran a su mando e identificar que la obligación de la empresa es ayudarlos en caso de que lo necesiten, además de que la atención debe de ser equitativa e igualitaria.

Conclusiones

En conclusión, la investigación resulta muy funcional, ya que dentro de la empresa no se analizaban datos de satisfacción después de dar a conocer la norma, solo se impartía y la empresa desconocía su impacto. También se identifica que la forma y

las técnicas que se aplican en las capacitaciones son las adecuadas, pero como todo siempre se puede mejorar.

La capacitación que se realice en relación con la NORMA 035 siempre va a ayudar a los trabajadores, para que sean más productivos y tengan un ambiente laboral donde se encuentren a gusto y no sientan la necesidad de buscar un nuevo empleo. Al contratar nuevos empleados las necesidades de la empresa van cambiando, puesto que, al lograr un ambiente laboral estable, las personas que son nuevas deben de acoplarse al clima laboral libre de violencia, por lo que el perfil de puesto se debe modificar porque las personas nuevas deberán de contar con diferentes actitudes y aptitudes laborales para que de cierta forma no se genere la desintegración. La empresa debe de desarrollar diferentes estrategias para erradicar los riesgos psicosociales que se presenten, una de ellas es que a las personas de nuevo ingreso se les dé un curso rápido sobre esta norma en complementación con su experiencia y capacidades laborales.

En lo que respecta a las hipótesis planteadas, se acepta la Hipótesis 1, ya que las formas y las técnicas que se utilizan son las correctas. En el caso de la hipótesis 0₁, se rechaza puesto que no se observan técnicas inapropiadas y malas formas de impartirlas, además no se utilizan materiales didácticos poco comunes.

Hipótesis 2: No afecta en nada que la empresa no haga estudios para saber si las capacitaciones ya impartidas tuvieron efectos positivos. Hipótesis 0₂: Si la empresa no hace estudios recurrentes de los cursos ya impartidos no se obtienen datos tangibles y no se sabe si la capacitación tubo resultados positivos. En el caso del planteamiento de estas hipótesis, se determinó que la hipótesis que se acepta es la número 0₂ ya que, si la empresa no realiza un análisis después de cada capacitación, no se sabe si la capacitación funciono o si tuvo un impacto positivo en los trabajadores o si entendieron el tema, la hipótesis 2 se rechaza, puesto que si la empresa no hace estudios o análisis después de cada capacitación sí les afecta porque no saben a qué grado los trabajadores comprendieron el tema y las formas de aplicación de la capacitación.

Hipótesis 3: A los trabajadores no les afecta en nada si las capacitaciones son mal impartidas. Hipótesis 0₃: La mala impartición de los cursos de capacitación tienen efectos negativos en los empleados de la empresa. En lo que corresponde a las ultimas hipótesis planteadas, se determinó que se acepta la hipótesis 0₃ puesto que la mala impartición de los cursos de capacitación tiene un efecto negativo en los trabajadores y un ejemplo se puede observar en las respuestas de los trabajadores en la entrevista que se aplicó, ya que, si la capacitación es mal impartida o si se utilizan técnicas poco recurrentes, puede hacer que los trabajadores no comprendan los temas y se queden con dudas. La hipótesis que se rechaza es la 3 ya que sí afecta a los trabajadores si las capacitaciones son mal impartidas y esto ocasiona que se queden con dudas y por la pena ellos no pregunten para aclararlas.

Referencias

- BIZNEO. (s.f.). Obtenido de izneo.com/es-co/?utm_campaign=ADS-GO-BizneoHR-LAT&utm_term=bizneo&utm_content=596160245974&utm_medium=Advertisement&utm_source=GoogleAds&gclid=CjwKCAjw3K2XBhAzEiwAmmgrAtTjYMllYXv6WI3Is6mtgV-3n5Jc_cb1w8Eh09f-qcP5KnjqOJc6BBoCAYgQAvD_BwE
- Chiavenato, I. (2011). *Administración de recursos humanos: El capital humano de las organizaciones* (9a Edición ed.). México D.F.: Mc Grawll Gil.
- COFIDE. (s.f.). Obtenido de <https://www.cofide.mx/blog/tipos-de-capacitacion->
- Herbert J. Chrudden, . W. (2005). *Adminsitración del Personal*. Méxco: Cecsa.
- Premio, E. (29 de 08 de 2021). <https://premioensayo.com/antecedentes-historicos-de-la-capacitacion-en-mexico/>. Recuperado el 04 de 08 de 2022, de <https://premioensayo.com/antecedentes-historicos-de-la-capacitacion-en-mexico/>
- R, S. B. (2014). *Universo Formulas*. Recuperado el 04 de 08 de 2022, de <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/muestra-estadistica/>
- Secretaría del Trabajo y Prevención Social. Gobierno de México. (s.f.). Obtenido de <https://www.gob.mx/stps/articulos/norma-oficial-mexicana-nom-035-stps-2018-factores-de-riesgo-psicosocial-en-el-trabajo-identificacion-analisis-y-prevencion>
- SIGNIFICADOS. (05 de 02 de 2021). Recuperado el 04 de 08 de 2022, de <https://www.significados.com>
- Universidad Valle de Grijalba. (2020). Obtenido de <https://uvg.edu.mx/blog/index.php/nom-035/>
- Werther, W. B., & Davis, K. (2008). *Adminsitración de Recursos Humanos* (Sexta ed.). México, México, Mpexico: Mc Graw Hill.

Referencias

Autorización y renúncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

LA DOCENCIA EN PRIMERA FASE DE POST-PANDEMIA, PERCEPCIÓN DE SU CALIDAD, EN UN INSTITUTO TECNOLÓGICO FEDERAL

Javier Contreras-Ruiz^{1,2}, Elda Rosario-Ruiz¹, Arturo Ruiz-Ochoa¹, Víctor Manuel Contreras-Cuburu¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, , Avenida Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, México- javier.cr@orizaba.tecnm.mx, elda.rr@orizaba.tecnm.mx, arturo.ro14@orizaba.tecnm.mx, victor.cc@orizaba.tecnm.mx

²Facultad de Negocios y Tecnologías, Universidad Veracruzana campus Ixtaczoquitlán, Ixtaczoquitlán, Veracruz, México

Área de participación: GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN (IA)

Resumen: En este periodo de pandemia por Covid-19, se han dado cambios en los servicios educativos y la docencia, incluyendo a las Instituciones de Educación Superior (IES). En tal sentido, las IES públicas y privadas, han ofrecido a su personal diversas alternativas de capacitación en el uso de tecnologías, han adaptado sus espacios físicos y sus protocolos y han invertido en infraestructura para seguir ofreciendo de manera ininterrumpida sus servicios educativos. Estos esfuerzos, se han realizado para mantener y mejorar el servicio educativo que ofrecen a sus estudiantes, quienes también han tenido que adaptarse y superar el desconcierto que causó el cambio de modalidad presencial a la modalidad a distancia, ya fuera de manera síncrona o asíncrona. La investigación que aquí se reporta, se guía por la pregunta: ¿Cómo perciben la calidad del servicio y de la docencia los estudiantes del Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO)? Para responder tal cuestionamiento, y considerando las condiciones existentes para el retorno presencial, se decidió seleccionar una muestra no probabilística de estudiantes, a conveniencia de los investigadores. Se realizó un estudio descriptivo, que se trasladó al plano correlacional, manteniendo el enfoque mixto, con un diseño no experimental. Se aplicó una versión modificada del cuestionario ServQual, obteniendo como resultados del análisis estadístico, realizado con SPSS®, que las variables de estudio, presentan distribuciones de normalidad y una fuerte correlación positiva.

Introducción.

Desde el inicio de la pandemia provocada por el coronavirus y sus variantes, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2021), fue la sexta ola, donde apareció la variante Ómicron, que provocó más contagios que las olas anteriores; sin embargo, las altas tasas de vacunación y las lecciones aprendidas durante la pandemia, permitieron reducir sus efectos (Unicef,2022).

En México, La Secretaría de Gobernación, publicó en el Diario Oficial de la Federación las medidas para la reapertura de las actividades sociales, educativas y económicas y el uso de un sistema de semáforo por regiones para evaluar el riesgo epidemiológico; posteriormente, (SALUD, 2021) declaró que la educación es una actividad esencial para el correcto desarrollo de la niñez y las juventudes, eliminó la vigencia del semáforo sanitario, para las actividades académicas.

El efecto de la decisión anterior llevó a las IES a realizar adecuaciones a sus instalaciones, para recibir de manera escalonada y ordenada a los estudiantes y empleados, manteniendo en lo posible las medidas de prevención y contención del

virus de la Covid-19; ante ello, conjuntamente la Secretaría de Salud y la Secretaría de Educación Pública, emitieron las orientaciones correspondientes para llevar a cabo el retorno a las escuelas de México.

Las situaciones previamente indicadas, también repercutieron en el trabajo de docente, dado que el curso inmediato anterior, ya se había planeado para realizarse a distancia; sin embargo, las autoridades laborales, pidieron volver a las aulas, provocando nuevas adecuaciones a las planeaciones realizadas con anterioridad. Pero no sólo en los docentes se tuvieron esas afectaciones; sino que también el estudiantado tuvo que readaptarse para asistir, nuevamente a las aulas.

Dada la gran cantidad de población estudiantil de algunas IES públicas, como el ITO, hubo propuestas para que sólo volvieran los estudiantes de semestres adelantados que tenían materias prácticas; o bien que, de manera voluntaria indicaran los profesores, de acuerdo con sus estudiantes, quiénes tenían la disposición de asistir y de esa manera programar su retorno presencial, evitando saturación tanto de aulas, laboratorios, centros de cómputo y demás espacios.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Como consecuencia de lo previamente planteado, surge la inquietud de conocer las opiniones del alumnado en el regreso mixto o híbrido, para conocer, su percepción respecto de la calidad del servicio y de la docencia en la reapertura del ITO. Para tal caso, se adaptó un cuestionario a partir del modelo ServQual (Matsumoto, 2014), que mide los vacíos entre las expectativas del cliente y la percepción de lo recibido.

El cuestionario ServQual, es un instrumento ampliamente utilizado para medir la percepción de la calidad del servicio desde el enfoque del cliente (Machado, Ribero y Basto, 2014); se han realizado múltiples adaptaciones, para medir la calidad del servicio en distintas áreas del quehacer humano; donde la educación no es la excepción. En dicho instrumento, se identifican cinco dimensiones que son consideradas por los clientes para conformar su percepción global de la calidad del servicio recibido (Ver Tabla 1), incluyendo las dimensiones del cuestionario.

Tabla 1. Dimensiones de la calidad del servicio

<i>Dimensiones ServQual</i>	<i>Conceptualización</i>
Elementos tangibles	Apariencia de las instalaciones físicas, equipos empleados y materiales de comunicación
Fiabilidad	Capacidad para ejecutar el servicio prometido de forma confiable, segura y precisa
Capacidad de respuesta	Rapidez de la atención de los alumnos y predisposición para ayudar
Seguridad	Capacidad de la IES y su personal docente, para inspirar a los estudiantes credibilidad, mediante el conocimiento y cortesía
Empatía	Atención personalizada gracias al entendimiento profundo de las necesidades y deseos de los alumnos

Fuente: Elaboración propia con base a Matsumoto (2021)

La docencia es un proceso complejo, conformada de las dimensiones: personal, institucional, interpersonal, social y didáctica; este estudio, se orienta principalmente a la dimensión didáctica. La dimensión didáctica de la docencia se refiere a la importancia que los profesores le dan a la planeación, a la metodología que usan, en particular a las estrategias discursivas de desarrollo temático y estrategias discursivas de interacción, así como a la evaluación del aprendizaje (Tabla 2).

Tabla 2. Dimensiones de la docencia

Variable	Dimensiones	Ítems asociados
CD Calidad de la docencia	1 Planeación	El personal docente, indica en los primeros días el plan de clase para su materia El personal docente, da a conocer a sus estudiantes las formas para evaluar el curso El personal docente, indica las fuentes de información necesarias para el curso
	2 Metodología	El personal docente, emplea diferentes estrategias de acuerdo a los temas a estudiar El personal docente, resalta la importancia de los aprendizajes en el ámbito laboral de la profesión El personal docente, logra que sus estudiantes construyan sus propios aprendizajes
	3 Desarrollo temático	Las clases del curso se llevan a cabo conforme a un plan previamente establecido El personal docente, emplea diversos recursos didácticos de acuerdo al tema de clase El personal docente retroalimenta satisfactoriamente a sus estudiantes Cada clase logra en los estudiantes los objetivos para los cuales se imparte
	4 Interacción	El personal docente, hace participar a sus estudiantes en las sesiones de clase El personal docente, promueve el trabajo en equipos En los conflictos que se presentan, el personal docente participa activamente para resolverlos El personal docente, resuelve satisfactoriamente las dudas que le presentan sus estudiantes
	5 Evaluación	El personal docente, emplea los esquemas de evaluación acordados con el grupo Cada estudiante, conoce cómo se calculó su calificación al final del curso

Fuente: Cañedo y Figueroa (2013)

A principios de la pandemia, muchos docentes no conocían plataformas digitales para la enseñanza a distancia; sin embargo, buscaron opciones y se auto capacitaron para trabajar de manera no presencial; posteriormente, las IES, pusieron a disposición de los académicos, cursos formales de capacitación para la gestión de contenidos en algunas plataformas, que se intentaron convertir en los medios oficiales de las mismas IES.

La adquisición de infraestructura tecnológica y la capacitación del personal académico resultaron dos opciones relevantes en las que las IES invirtieron sus recursos (Malpica, Cruz y Gálvez, 2021). Desde este punto de vista, las

organizaciones quieren conservar al personal capacitado, por tener generalmente mayor compromiso laboral (Owoyemi, Oyelere, Elegbede y Gbajumo, 2011).

Existe literatura sobre la capacitación del empleado que remarca los beneficios que ésta propicia a la organización; sin embargo, pocas organizaciones prestan atención a la evaluación de su efectividad. Por un lado, la capacitación resulta un regalo del patrón, que propicia que el empleado aporte mayor esfuerzo, intente ser más productivo e incremente su sentido de pertenencia a la organización; en reciprocidad, el empleado ayudará a la organización, que lo ha ayudado a él.

Tomando en consideración lo expuesto previamente, se establece la importancia de medir la calidad percibida de la docencia, desde las dimensiones indicadas en la Tabla 1; y de los recursos empleados por los docentes, durante el trabajo a distancia durante la pandemia de Covid-19, así como en el trabajo presencial, en la fase de regreso híbrido, apoyado por la infraestructura y los recursos que la Institución proveyó para asegurar la continuidad educativa en el tiempo de pandemia.

La formulación del problema puede plantearse a través de la pregunta: *¿En qué medida contribuyen las dimensiones del servicio docente, en la calidad percibida de la docencia por los estudiantes del Instituto Tecnológico de Orizaba?*

Entre las limitaciones más relevantes del estudio, pueden mencionarse: el reducido número de grupos que de manera voluntaria volvieron a las aulas, el poco o nulo interés de los estudiantes para contestar el cuestionario, el número de grupos atendidos por cada uno de los investigadores; por tanto, el alcance del estudio, solo incluye a estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial.

Metodología

A continuación, se proponen las hipótesis para este trabajo:

Hipótesis nula: H₀: No existe correlación significativa entre la percepción de la calidad del servicio con la percepción de la calidad de la docencia.

Hipótesis de investigación: H₁: Existe correlación significativa entre la percepción de la calidad del servicio con la percepción de la calidad de la docencia.

Selección de la muestra

A conveniencia de los investigadores, tal como lo indican, Hernández, Fernández y Baptista, (2010), se integró una muestra de 54 estudiantes de la carrera de Ingeniería industrial de una IES pública, conformada por estudiantes de los semestres 5, 7 y 9.

Debido a que el presente estudio tiene un enfoque mixto, se puede emplear una muestra dirigida, no probabilística, apta para investigaciones cualitativas y cuantitativas; lo cual, aunado a las condiciones iniciales para el retorno presencial,

ha propiciado la decisión de llevar a cabo un muestreo por conveniencia del investigador (Hernández et al, 2010).

En relación a su alcance, se inició como un estudio descriptivo y posteriormente se trasladó al plano correlacional, por lo que en tal sentido se mantuvo el enfoque mixto. Su diseño es no experimental, puesto que no se realiza manipulación alguna de las variables intervinientes en la investigación. Debido a que el levantamiento de información por parte de los sujetos de investigación se presenta en un momento específico de tiempo, corresponde a un estudio de tipo transversal o transeccional.

Materiales

El cuestionario utilizado, se elaboró con base a la matriz de congruencia que se presenta en la Tabla 3; presenta diecisiete ítems relacionados a las dimensiones del modelo ServQual y al final, incluye otros dieciséis ítems sobre para medir las dimensiones de la calidad de la docencia. El software empleado para el procesamiento de los datos fue SPSS®.

Tabla 3. Matriz de congruencia

Variable	Dimensiones ServQual	Indicadores	Ítems asociados
Calidad del servicio docente desde las dimensiones del modelo ServQual	1 Elementos tangibles	Apariencia de:	
		a) instalaciones	1. Los salones de clase, se adecuaron para atender la contingencia sanitaria 2. Los laboratorios se adecuaron para atender la contingencia sanitaria
		b) el personal docente	3. En clases presenciales, el personal docente luce con un aspecto agradable 4. En clases a distancia, el personal docente luce con un aspecto agradable
		c) los equipos empleados	5. En clases a distancia, el personal docente emplea el equipo adecuado para clases 6. En sesiones presenciales, mi escuela siempre cuenta con los equipos adecuados
		d) los materiales de clase	7. Los recursos didácticos que emplean los docentes, son los adecuados para sus clases
		Capacidad para entregar el servicio docente prometido de forma:	
		a) confiable	8. El trato de los docentes en sus clases y asesorías, genera confianza en sus estudiantes
		b) de calidad	9. La buena organización de las clases, se debe al trabajo del personal docente
	c) puntual	10. Las sesiones de clase inician y terminan de manera puntual por parte de los docentes	
	d) precisa	11. La información que transmiten los docentes es precisa y exacta	
	3 Capacidad de respuesta	Ante las necesidades de un estudiante, su escuela:	
		a) reacciona con rapidez	12. En mi escuela, las necesidades de los estudiante, son atendidas con rapidez
		b) tiene disposición de ayudar	13. El personal docente, siempre tiene la disposición para ayudar a sus estudiantes
	4 Seguridad	Capacidad de la escuela y sus docentes, para inspirar a los estudiantes credibilidad, mediante:	
		a) el conocimiento	14. El personal docente, demuestra plenamente su conocimiento en los temas de clase

		b) <i>cortesía</i>	15. El personal docente, siempre demuestra cortesía, para atender a sus estudiantes
	5 Empatía	El personal docente, entiende de sus alumnos:	
		a) <i>sus necesidades</i>	16. En sesiones presenciales, los docentes hacen respetar las medidas sanitarias
		b) <i>sus deseos</i>	17. Cuando se requiere, el personal docente ofrece un trato personalizado a sus estudiantes
	<i>Dimensiones Docencia</i>	<i>Ítems asociados</i>	
Calidad de la docencia	1 Planeación	18. El personal docente, indica en los primeros días el plan de clase para su materia 19. El personal docente, dá a conocer a sus estudiantes las formas para evaluar el curso 20. El personal docente, indica las fuentes de información necesarias para el curso	
	2 Metodología	21. El personal docente, emplea diferentes estrategias de acuerdo a los temas a estudiar 22. El personal docente, resalta la importancia de los aprendizajes en el ámbito laboral de la profesión 23. El personal docente, logra que sus estudiantes construyan sus propios aprendizajes	
	3 Desarrollo temático	24. Las clases del curso se llevan a cabo conforme a un plan previamente establecido 25. El personal docente, emplea diversos recursos didácticos de acuerdo al tema de clase 26. El personal docente retroalimenta satisfactoriamente a sus estudiantes 27. Cada clase logra en los estudiantes los objetivos para los cuales se imparte	
	4 Interacción	28. El personal docente, hace participar a sus estudiantes en las sesiones de clase 29. El personal docente, promueve el trabajo en equipos 30. En los conflictos que se originan, el personal docente participa activamente para resolverlos 31. El personal docente, resuelve satisfactoriamente las dudas que le presentan sus estudiantes	
	5 Evaluación	32. El personal docente, aplica los esquemas de evaluación acordados con el grupo 33. Cada estudiante, conoce cómo se calculó su calificación al final del curso	

Fuente: Elaboración propia

Resultados y Discusión.

Se obtuvieron cincuenta y cuatro cuestionarios contestados, a partir de los cuales se calcularon los valores para cada una de las variables de estudio. La prueba de Kolmogorov-Smirnov, dio como resultado un valor de significación (Sig) de 0.200 para las variables *Calidad del Servicio (SQ)* y *Calidad de la Docencia (CD)*, lo que permitió determinar que la muestra presenta una distribución normal.

Tabla 4. Pruebas de normalidad K-S

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CalidadServicio	.066	54	.200 [*]	.974	54	.294
CalidadDocente	.055	54	.200 [*]	.982	54	.576

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos procesados

El sentido positivo de los planteamientos está situado a la derecha del valor 3; se entiende que las respuestas con valores de 4 y 5, representan las respuestas deseables; mientras que los resultados situados a la izquierda del 3, serán las respuestas más indeseables.

Análisis descriptivo de las variables

En la Tabla 5, se presentan los estadísticos descriptivos de las variables de estudio: media, mediana, moda, desviación estándar y varianza

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de las variables SQ y CD

		Estadísticos	
		CalidadServicio	CalidadDocente
N	Válido	54	54
	Perdidos	0	0
Media		3.5769	4.0219
Mediana		3.5375	3.9917
Moda		2.65	5.00

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos procesados

Sobresale que, en las medidas de tendencia central, la calidad del servicio docente presenta valores mayores que la calidad del servicio desde el modelo ServQual.

Prueba de hipótesis

Para medir las relaciones entre las variables, dada su condición de normalidad, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson; el valor resultante oscila en el rango de [-1,1]; donde los valores negativos representan una correlación inversa entre las variables; mientras que los valores positivos denotan una relación directa. La Tabla 6, presenta los valores de correlación para las variables SQ y CD

Tabla 6. Correlaciones entre las variables SQ y CD

		CalidadServicio	CalidadDocente
CalidadServicio	Correlación de Pearson	1	.828**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	54	54
CalidadDocente	Correlación de Pearson	.828**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	54	54

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos procesados

En la Tabla 6, se observa que el valor del coeficiente de correlación de Pearson, es alto (**0.828**) y dado que **Sig < 0.05** se asume que sí existe una correlación significativa entre las variables, por lo que se acepta H1 y se rechaza H0.

Conclusiones.

Para el caso particular de estudio, se concluye que los estudiantes encuestados, valoran más las dimensiones de la docencia que las del servicio, que obtuvo valores menores; sin embargo, por la correlación positiva y significativa, se asume que, si se mejoran las condiciones en las que se ofrece el servicio educativo, se espera que la calidad docente sea aún mejor valorada por los estudiantes. Lo anterior, representa un área de oportunidad para mejorar la percepción de los estudiantes desde el enfoque humano.

Referencias

- Cañedo, T y Figueroa, I. (2013). "La práctica docente en educación superior: una mirada hacia su complejidad". *Sinéctica*, 41. [On line] Available: Recuperado de http://www.sinectica.iteso.mx/articulo/?id=41_la_practica_docente_en_educacion_superior_una_mirada_hacia_su_complejidad 2013
- Hernández, R.; Fernández C. y Baptista P. (2010). Metodología de la investigación. 5ª. Edición. McGraw Hill. México.
- Machado, M.; Ribeiro y Basto, M., (2014). An empirical assessment of customer satisfaction and quality of service: comparing servqual and servperf. *Revista Gestão Industrial*. Vol. 10. Núm. 2. Páginas: 264-283.
- Malpica, L., Cruz, T. y Gálvez, E. (2021). Calidad educativa en nivel superior tiempo de pandemia por el Covid-19. *Horizontes*, vol. 6, núm. 22
- Matsumoto, R. (2014). Desarrollo del Modelo Servqual para la medición de la calidad del servicio en la empresa de publicidad Ayuda Experto. *Revista Perspectivas*, (34), 181-209. Recuperado desde: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332014000200005&lng=es&tlng=es
- OMS (2021). Situación actual relativa a la variante Ómicron. [On line] Recuperado desde: <https://www.paho.org/es/noticias/1-12-2021-oms-situacion-actual-relativa-variante-omicron>
- Owoyemi, Michael; Oyelere, Tunde; Elegbede y Gbajumoff, Mariam. (2011). Mejorar el compromiso de los empleados a través de la capacitación. *Revista Negocio*. Disponible desde: DOI: 10.5539/IJBM.V6N7P280
- SALUD (2021). Lineamiento para la estimación de riesgos del semáforo por regiones Covid-19. [On line] Recuperado desde: https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2021/08/2021.8.18-Metodo_semaforo_COVID.pdf
- Unicef (2021). Todo lo que sabemos sobre la variante Ómicron. [On line]. Recuperado desde: <https://www.unicef.org/es/coronavirus/todo-lo-que-sabemos-sobre-variante-omicron>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

PLATAFORMAS DIGITALES COMO APOYO AL CONTROL INTERNO DE LAS EMPRESAS.

R. Meza-Vidal¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N Juan Morales, 62745 Cuautla, Morelos, México- m21680058@cuautla.tecnm.mx.

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA EN LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: En las organizaciones existe la preocupación de que los controles internos establecidos alcancen el objetivo de salvaguardar los activos, procesos y flujos de operación que las compañías requieren, dichos controles deben ayudar a garantizar el buen uso de los recursos, pero al mismo tiempo no deben entorpecer el proceso, el agilizar estos controles y su validación los fortalecen, el emplear recursos tecnológicos facilita el cumplimiento y la supervisión de estos.

Introducción.

Actualmente la tecnología forma parte importante en la vida de las personas, por su parte las empresas buscan alinear dicha tecnología para encontrar el mayor provecho en sus operaciones. Antes de la pandemia de covid-19 la tecnología ya crecía a pasos agigantados, pero gracias a la continencia sanitaria se tuvo un desarrollo más acelerado, además se buscó sacar provecho de lo que ya existía para adaptarlo a la normalidad que se estaba gestando en todo el mundo. Las empresas voltearon a ver nuevos mecanismos que facilitarían la continuidad de operaciones, pero al mismo tiempo siguiera garantizando el control de estas.

Tal es el caso para los controles administrativos internos que tienen las organizaciones y que por las prohibiciones de movilidad que se impusieron restringían la adecuada supervisión y validación que los controles establecidos se ejecutaran correctamente.

Las plataformas digitales existentes estaban dirigidas a ciertas funcionalidades, pero la problemática que se generó por la pandemia generó la necesidad de adaptar dichas plataformas y encontrar nuevas formas de uso, tal es el caso de las plataformas de Google Workspace la cual contiene una serie de aplicaciones que las empresas adoptaron y adaptaron para sus operaciones, ya que ayudaban a la comunicación, rapidez, cobertura y principalmente movilidad.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

“El control interno es muy importante para la estructura administrativa de un negocio. Esto garantiza que tan fiable es su información financiera, frente a los fraudes, eficiencia y eficacia en sus operaciones. En todas las organizaciones debe ser primordial contar con un control interno adecuado, porque gracias a este se evitan fraudes, y riesgos, se protegen y cuida el patrimonio y los intereses de las empresas, realizándose una evaluación la eficiencia organizacional de ésta en cuanto a sus procesos operativos.” (Aguirre Choix & Armenta Velazquez, 2012).

El control interno es un punto medular dentro de las empresas, de acuerdo Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, COSO, (2013) existen cinco componentes básicos:

- a) Ambiente de Control.
- b) Evaluación de Riesgos.
- c) Actividades de Control.
- d) Información y Comunicación.
- e) Supervisión y Seguimiento.

En esta ocasión abordaremos el punto sobre las actividades de control, las cuales COSO, (2013) las define como, las acciones que estable la organización mediante políticas y procedimientos que ayuden a garantizar el cumplimiento a las indicaciones de la alta dirección para mitigar los riesgos que pongan en riesgo el cumplimiento a los objetivos del negocio. Dichas actividades de control se deben realizar en todos los niveles de la empresa, en las diferentes etapas de los procesos de la organización, y en el entorno tecnológico.

La propia organización debe realizar las definiciones de control a través de políticas y a su vez procedimientos que garanticen que dichas políticas tengan un cumplimiento aceptable.

También toma relevancia el tema de la supervisión y seguimiento a los controles que se imponen, debido a que la continua y/o independiente evaluación de estos determinan si los componentes del sistema de control están siendo aplicados y son eficaces. También el resultado evalúa y comunica las deficiencias sobre el control interno implantado para aplicar oportunamente las acciones correctivas que correspondan.

Muchas organizaciones emplean como actividades de control las autorizaciones de algunas actividades o gastos mediante cartas, memorándums y/o formatos, los cuales requieren en muchos casos la firma autógrafa de algunos funcionarios de la entidad, dichas autorizaciones son definidas en las políticas y cuentan con niveles jerárquicos dependiendo del valor monetario, impacto dentro de la organización o simplemente como control para evitar alguna desviación dentro del proceso. Durante la pandemia de covid-19 no todos los funcionarios estaban presentes en las instalaciones y el proceso de autorización era muy lento por lo que se buscaron alternativas que facilitaran a movilidad empleando para ello medios electrónicos como el e-mail, pero este último no garantizaba las medidas necesarias de control. Asimismo, estos documentos se tenían que guardar y archivar para una posible validación por parte de las áreas que supervisan el control implantado y así calificar que se cumpla y que este siendo efectivo.

Existen algunas plataformas digitales que apoyan los controles de autorización mediante firmas electrónicas, pero esto encarece los procesos ya que se tienen que pagar licencias por usuario y adquirir e instalar dichos softwares en los dispositivos, en algunos casos estas plataformas requieren de dispositivos especiales para su óptimo funcionamiento. También existen plataformas y softwares que las empresas ya utilizan y que no han sido explotadas al máximo y que dentro de sus funcionalidades se pueden servir de apoyo para agilizar los procesos de control tal

es el caso de la plataforma de Google workspace la cual reúne dentro de sus funcionalidades varias aplicaciones que facilitan el acceso tanto en dispositivos móviles como: celulares y tabletas, así como ordenadores ya sean de escritorios o laptop.

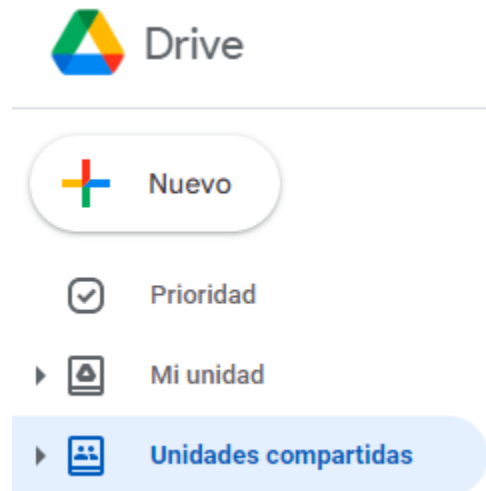


Figura 1 Unidades compartidas en Google Drive

Existe una teoría que empleando las aplicaciones de las hojas de cálculo y documentos de Google mediante comentarios se podría autorizar y resguardar los archivos en las unidades compartidas de Google drive, pero necesita garantizarse:

- Funcionalidad de las unidades compartidas.
- Privilegios según el tipo de usuario
- Seguridad de la información.

Resultados y Discusión.

Se realizó un análisis de la información que la propia plataforma de Google Workspace comparte en su página de internet donde se identifica las siguientes características.

De acuerdo con la página (Google support, 2023) Las unidades compartidas son carpetas especiales alojadas en Google Drive que permiten acceso, búsqueda y almacenamiento de archivos en un espacio que se comparte por un equipo, es decir, lo que se aloja en dicha unidad no es propiedad de un usuario, sino de un equipo de trabajo. (Tabla 1)

Tabla 1 Características de las unidades compartidas.

	Unidades compartidas
¿Quién puede añadir archivos?	Cualquier miembro con acceso de Colaborador o de niveles superiores.
¿Quién es el propietario de los archivos y las carpetas?	Al equipo.
¿Puedo mover archivos y carpetas?	Si tienes permiso de acceso de Colaborador o de niveles superiores, podrás mover archivos de Mi unidad a una unidad compartida. Si tienes permiso de acceso de Gestor de contenido o de niveles superiores, podrás mover archivos y carpetas dentro de una unidad compartida. Si tienes acceso de Administrador , puedes sacar archivos de una unidad compartida o moverlos de una a otra.
¿Puedo sincronizar archivos con mi ordenador?	Sí, con Google Drive para ordenadores.
¿Cómo funciona el uso compartido?	Todos los miembros de la unidad compartida pueden ver todos los archivos. Cada unidad compartida tiene su propia papelera.
¿Cuánto tiempo permanecen en la papelera los archivos que elimino?	Los miembros con acceso de Gestor de contenido o de niveles superiores pueden enviar archivos a la papelera. Los archivos y las carpetas de la papelera se eliminan definitivamente a los 30 días. Los miembros con acceso de Administrador pueden eliminarlos definitivamente antes de que acabe ese plazo.
¿Puedo restaurar archivos?	Sí, si tienes como mínimo acceso de Colaborador .

Los usuarios (Figura 2) tienen acceso con privilegios de acuerdo con los permisos que se le otorgan a cada miembro, desde lector, permisos para comentar, realizar colaboraciones, gestor o administrador de contenido y Administrador principal, este último es quien puede otorgar permisos al resto y restringir hacia los usuarios el poder compartir los archivos. (Tabla 2).

Tabla 2 Privilegios según tipo de usuario.

Tarea	Nivel de acceso				
	Administrador	Gestor de contenido*	Colaborador**	Usuario con permiso para comentar	Lector
Ver unidades compartidas, archivos y carpetas	✓	✓	✓	✓	✓
Comentar en archivos de unidades compartidas	✓	✓	✓	✓	✗
Introducir, aprobar y rechazar cambios hechos en archivos	✓	✓	✓	✗	✗
Crear y subir archivos, así como crear carpetas en unidades compartidas	✓	✓	✓	✗	✗
Añadir usuarios y grupos a archivos específicos de unidades compartidas	✓	✓	✓	✗	✗
Añadir usuarios y grupos a carpetas específicas de unidades compartidas	✓	✗	✗	✗	✗
Mover archivos o carpetas de una unidad compartida a Mi unidad	✓	✗	✗	✗	✗
Mover archivos y carpetas dentro de unidades compartidas	✓	✓	✗	✗	✗
Mover archivos y carpetas de una unidad compartida a otra	✓	✗	✗	✗	✗
Mover archivos y carpetas de unidades compartidas a la papelera	✓	✓	✗	✗	✗
Eliminar definitivamente archivos y carpetas de la papelera	✓	✗	✗	✗	✗
Restaurar archivos y carpetas de la papelera (eliminados en los 30 días anteriores)	✓	✓	✓	✗	✗

Lector

Comentarista

Colaborador

Agregar y editar archivos

Administrador de contenido

Agregar, editar, mover, borrar y compartir contenido

✓ Administrador

Administrar el contenido, las personas y la configuración

Figura 2 Tipos de usuarios.

También se puede configurar permisos sobre la unidad compartida como lo son:

Acceso

- Permitir que personas ajenas a organización accedan a los archivos
- Permitir que personas que no sean miembros de la unidad compartida accedan a los archivos

Permisos de roles

- Permitir que los administradores de contenido compartan carpetas

- Permitir que los lectores y comentaristas descarguen, impriman y copien archivos

Esta última configuración ayuda a garantizar de una manera más efectiva el acceso a la información y el cuidado sobre la misma puesto que el administrador principal, es el único facultado para eliminar y controlar permisos dentro de la unidad compartida.

Conclusiones.

De acuerdo con la revisión de la información, se puede identificar que es posible emplear los documentos y hojas de cálculo como medios de autorización a través de comentarios, pero siempre y cuando estos estén alojados en unidades compartidas que la propia organización cree y administra una figura de control (Administrador), si los documentos no están alojados en la unidad compartida los permisos y control de documentos quedará bajo la responsabilidad del propietario del mismo, los permisos que se otorguen en la unidad deben estar alineados a la intervención que cada figura de la organización necesita, como se veía en la figura 2.

Los comentarios dejan como evidencia el usuario, la fecha, hora y lo que se comentó, además que el documento guarda el historial de modificaciones que el propio archivo ha sufrido desde su creación. (Figura 3 y 4)



Figura 3 Ejemplo de comentarios.

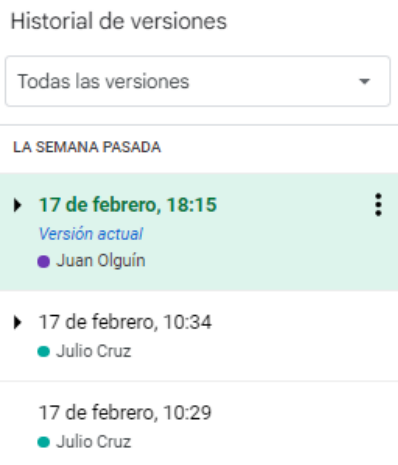


Figura 4 Historial de versiones o modificaciones.

El siguiente paso es poner en práctica esta hipótesis y validar que efectivamente cumpla con los tiempos y garantice el acceso a dichos documentos, además de medir el alcance de la información que se puede resguardar aquí.

Agradecimientos.

A las autoridades del Tecnológico Nacional de México, tanto del Instituto Tecnológico de Cuautla y a los profesores que me han apoyado en el logro de mis metas.

Referencias.

- Aguirre Choix, R., & Armenta Velazquez, C. (2012). La Importancia Del Control Interno En Las Pequeñas Y Medianas. El Buzón de Pacioli, 76(Año XII), 1-17. https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no76/68d_-_la_importancia_del_contorl_interno_en_las_pequeñas_y_medianas_empresas_en_mexico.pdf.
- Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, & Instituto de Auditores Internos de España. (2013). Control interno - Marco Integrado.
- Qué puedes hacer con las unidades compartidas - Centro de Aprendizaje de Google Workspace. (s. f.). <https://support.google.com/a/users/answer/9310351?hl=es>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS DE LAS COMPRAS EN EL PROCESO ESTRATÉGICO DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS

E. Trujillo-Beltrán¹, A. Arzate-Salgado², F. Manuel-Regino³ y M.A. Bárcenas- Nava⁴

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, elisa.trujillo@iguala.tecnm.mx,

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, andrea.arzate@iguala.tecnm.mx,³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, fernando.manuel@iguala.tecnm.mx,⁴Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, Carretera Nacional Iguala- Taxco Esq. Periférico Norte, C.P.40030, Iguala, Gro. angeles.barcenas@iguala.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: Generar una mejora al proceso de compras para proporcionar un servicio de excelencia, fue el principal objetivo a desarrollar del proyecto “Mejora continua al procedimiento de compras, del proceso estratégico de administración de recursos” desarrollado en el Instituto Tecnológico de Iguala en el cual se analizaron las diferentes normativas por las que se rige y las normas ISO que de igual manera son base importante en el proceso, éstas últimas que son las que constituyen el Sistema de Gestión Integrado. (Contreras Alcopar, 2021) La certificación ISO 9001 y 14001 son de suma importancia para la institución, para lograr mantenerla, se deben respetar y ejecutar correctamente los siete Procesos Estratégicos que se manejan en ella. (ISO, 2015) El Proceso Estratégico de Administración de Recursos: compras, ha sido un proceso que se ha visto afectado por parte de los usuarios, quienes no cumplen en tiempo y forma con él, han hecho las compras por ellos mismos o se saltan los pasos para realizarla. Por ello, se analizó y estudió no solo cómo se debe hacer el proceso, también la manera que los usuarios lo hacen, para finalmente plasmarlo de forma más simplificada y evitar incumplimiento y contratiempos.

Introducción.

Para desarrollar correctamente la investigación se tuvo como objetivo hacer eficiente el proceso de compras para que en un futuro este se convierta en un proceso que sea auditable y refleje su cumplimiento. El cambio no surgirá de pronto, se espera que con las actividades desarrolladas se observe una mejora y mayor control, que tanto el departamento encargado como los usuarios colaboren para que se respete y se cumpla. “Mejora Continua al Procedimiento de Compras, del Proceso Estratégico de Administración de Recursos”, es el proyecto que se desarrolló en el TecNM campus Instituto Tecnológico de Iguala, haciendo actividades que mejoraran la satisfacción de los usuarios en cuanto al servicio, tomando en cuenta sus necesidades. Ofrecer servicios de excelencia es una meta que también es en parte para satisfacer a los estudiantes porque hay adquisición de bienes y servicios en las que se ven involucrados y son para que puedan recibir un mejor desarrollo en la institución.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Las actividades desarrolladas conforman una investigación de tipo cualitativa y cuantitativa porque se obtuvo toda la información normativa que se ven involucrada en el Sistema de Gestión Integrado, se practicó un muestreo de los Institutos Tecnológicos Federales y se aplicó una encuesta al personal directivo de la

institución. Y partiendo de ellas se presentó y aceptó una propuesta al Proceso de Compras, que se hizo con base a todos los resultados obtenidos.

Para conocer la normatividad de los demás tecnológicos, así como sus procedimientos, se realizó una investigación mixta, cuantitativa porque se tomó una muestra del total de Tecnológicos Federales para observar las diferencias que estos tienen en sus procesos. Y la parte cualitativa porque el objetivo principal es recabar información sobre el proceso de compras y hallar la forma de hacerlo más detallado pero simple; incluyendo la encuesta realizada a los usuarios. Para poder realizar la investigación, se planteó hacer un muestreo de los 126 Institutos Tecnológicos Federales siendo este el universo del cual obtendremos la muestra mediante la siguiente fórmula de Fisher y Navarro (1996), y conocer cuántos de ellos cuentan con un Sistema de Gestión de Calidad y, por ende, el proceso de compras. Considerando un nivel de confianza del 90 %, N de 126 y un error de estimación de .10, se obtuvo una muestra de 45 Institutos Tecnológicos Federales los que se analizaron en esta investigación.

El instrumento utilizado para desarrollar la investigación de campo fue la encuesta y como herramienta un cuestionario con once preguntas de opción múltiple y una abierta, fue aplicada exclusivamente al personal directivo y jefes de departamento puesto que son los encargados de realizar las requisiciones de compra en sus respectivas áreas. Para facilitar la recopilación de datos se utilizó la escala de Likert, la cual fue publicada en 1932 por Rensis Likert. Tiene cuatro tipos de escala: acuerdo, frecuencia, importancia y probabilidad; siendo la escala Likert: acuerdo la que se utilizó.

Después de recopilar y examinar los datos que arrojó la encuesta hecha a los directivos, se optó por hacer las actualizaciones correspondientes al catálogo de proveedores y lista de artículos.

El departamento de recursos materiales y servicios lleva el control de dicha documentación, sin embargo, su actualización no había sido posible, por ello con base a la información archivada de los años anteriores, se hizo el catálogo.

Previamente se hizo el listado de los proveedores con los que se ha trabajado, verificando que sus datos estén al día, para poder hacer la evaluación de cada uno y obtener una puntuación mínima de 70 puntos.

Posteriormente se hace otro concentrado con los proveedores que tienen la puntuación mínima, para hacer la selección, la que de igual manera deben cumplir con una puntuación mínima de 70 puntos.

Finalmente, se procede hacer el catálogo, se envía a la subdirección administrativa para su aprobación. Por último, para hacer mayor difusión y comprensión el proceso se desempeñó un diagrama de flujo junto con una matriz de responsabilidades.

Resultados y Discusión.

De los 45 Tecnológicos, se observó los que contaran con: un Sistema de Gestión de Calidad (SGC), un procedimiento o instructivo de compras, y un diagrama; para considerar cuales cuentan con un proceso más detallado. Se plasmó la información de la siguiente manera para facilitar su comprensión.

Tabla 1. Análisis de los 45 Tecnológicos Federales que se consultaron como manejan compras si como instructivo o procedimiento

¿Tiene SGC?	Procedimiento o Instructivo	Diagrama	Cuenta
No	Se desconoce	No cuenta con uno	7
Si	Instructivo	No cuenta con uno	23
Si	Procedimiento	Cuenta con uno	4
Si	Procedimiento	No cuenta con uno	1
Si	Se desconoce	Se desconoce	10

7 de 45 Tecnológicos no cuentan con un SGI, por lo tanto, no cuentan con procedimiento o diagrama.

38 de 45 Tecnológicos cuentan con un SGI: 23 de ellos tienen un instructivo, pero no tienen un diagrama; 5 tienen un procedimiento y solo 4 de ellos cuentan con un diagrama; por último, 10 de ellos si tienen un SGI, aunque se desconoce si tienen procedimiento/instructivo y diagrama. Esto debido que manejan dicha información de acceso restringido y únicamente el personal de dichos tecnológicos tiene acceso a ella.

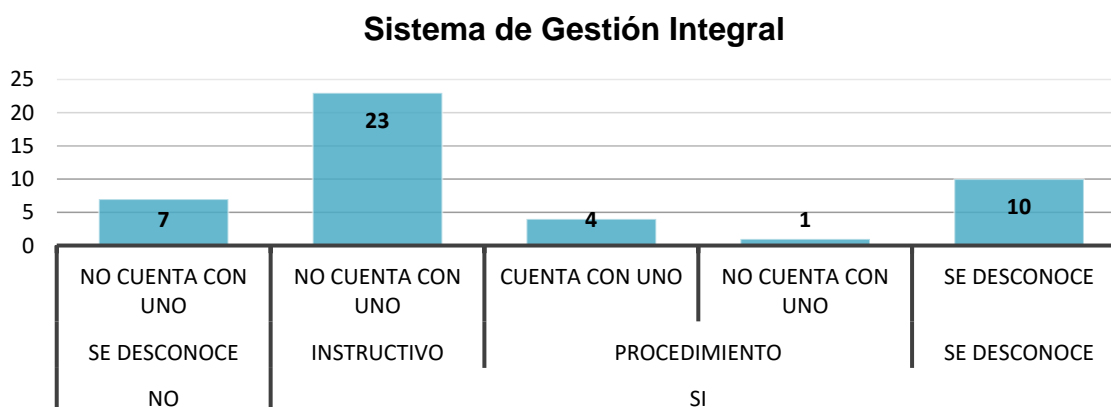


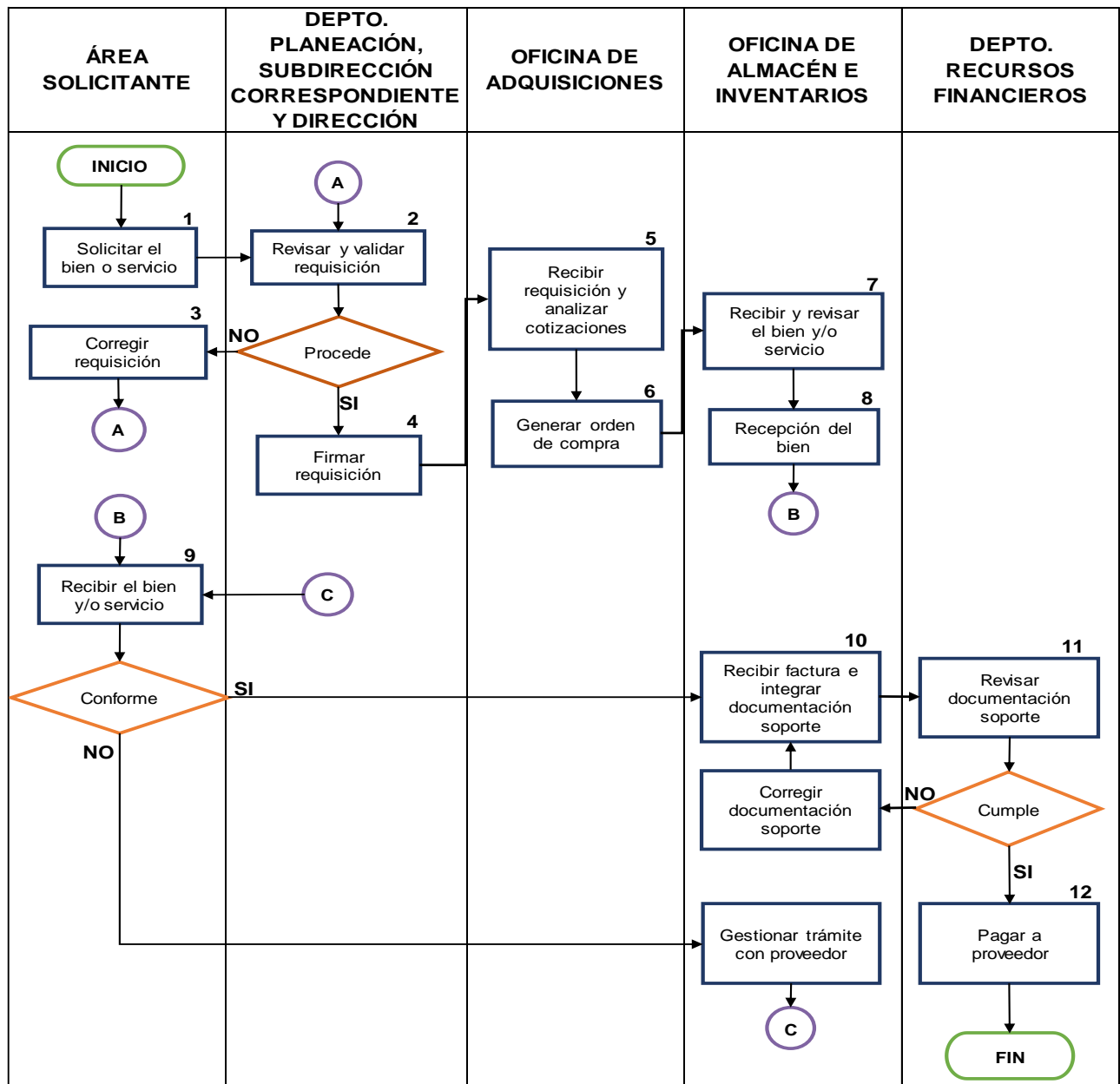
Figura 1. Representación gráfica de los resultados obtenidos de los 45 tecnológicos

Dado a la información obtenida en el muestreo, el Tecnológico de Iguala a diferencia de algunos Tecnológicos cuenta con un instructivo propio, puesto que al ser multisitios están obligados a seguir el proceso del sitio principal.

La observación que se hizo para diferenciar un procedimiento y un instructivo, no fue solo observando cómo están diseñados, sino en la investigación previa, porque, aunque pueda parecer que son sinónimos la diferencia es que el primero te “obliga” a realizar las actividades a cómo se estipula en él; en cambio el segundo es más una “guía” describiendo las actividades que desarrollan.

Tomando en consideración los resultados que fueron arrojados, para mayor entendimiento en el proceso de compras se llevó a cabo un diagrama de flujo junto con una matriz de responsabilidades.

Diagrama



Descripción del Proceso

Secuencia de Etapas	Actividad	Responsable
1.- Solicitar el bien	1.1 El área solicitante llena el formato de requisición ITI-SGI-PAR-019-001 en la plataforma predeterminada (SISAD), con los datos detallados del bien y/o servicio que requiere.	Área solicitante

2.- Revisar y validar requisición	<p>2.1 La requisición se revisa, valida y determina si procede la requisición en el sistema por el dpto. de planeación, subdirección correspondiente y dirección.</p> <p>2.2 Si no procede, se hacen las observaciones por las cuales no se valida.</p>	Dpto. de planeación, subdirección correspondiente y dirección
3.- Corregir requisición	<p>3.1 El área solicitante corrige la requisición y regresa al punto 2.</p>	Área solicitante
4.- Firmar requisición	<p>4.1 Se imprime la requisición y se recaban las firmas del dpto. de planeación, subdirección correspondiente y dirección.</p>	Dpto. planeación, subdirección correspondiente y dirección
5.- Recibir requisición y analizar cotizaciones	<p>5.1 La oficina de adquisiciones recibe la requisición con las firmas correspondientes y verifica si el insumo o partida son correctos.</p> <p>5.2 El jefe (a) de la oficina revisará las cotizaciones de los proveedores considerando la calidad, precio, disponibilidad y servicio.</p>	Oficina de adquisiciones
6.- Generar orden de compra	<p>6.1 El jefe (a) de la oficina de adquisiciones junto con la factura gestiona la orden de compra.</p>	Oficina de adquisiciones
7.- Revisar y recibir el bien y/o servicio	<p>7.1 El proveedor suministra el bien o servicio. Si es un bien el jefe (a) de la Oficina de Almacén revisa y constata contra orden de compra y factura que es el bien solicitado y recibe. Si es servicio el área solicitante recibe el servicio.</p> <p>7.2 Si no cumple con lo solicitado se regresa e informa al área solicitante.</p>	Oficina de almacén e inventarios
8.- Recepción del bien	<p>8.1 El jefe de la oficina de almacén una vez que recibe el bien informa al área solicitante para su entrega.</p>	Oficina de almacén e inventarios
9.- Recibir el bien y/o servicio	<p>9.1 El área solicitante recibe el bien o el servicio.</p> <p>Si está conforme, el jefe (a) de la oficina de almacén entrega el bien al área solicitante y firma factura de conformidad, orden de servicio y/o entrada y salida de almacén, según sea el caso.</p> <p>Si no está conforme, el jefe (a) de la oficina de almacén gestiona el trámite con el proveedor para el cumplimiento de este.</p>	Área solicitante

10.- Recibir factura e integrar documentación soporte	<p>10.1 El jefe (a) de la oficina de almacén recibe la factura original por parte del proveedor y se le emite un contra recibo donde se estipula la fecha de pago.</p> <p>10.2 El jefe (a) integra la documentación soporte (requisición con firmas correspondientes, orden de compra, factura y archivo XML) para tramitar el pago.</p>	Oficina de almacén e inventarios
11.- Revisar documentación soporte	<p>11.1 El depto. de recursos financieros recibe la documentación soporte de la factura y verifica si cumple con los requisitos establecidos para tramitar el pago.</p> <p>Si cumple: Se genera el pago.</p> <p>No cumple: Se regresa en tiempo y forma a la oficina de almacén para su corrección.</p> <p>11.2 Una vez corregido se procesa para el pago.</p>	Depto. recursos financieros
12.- Pagar a proveedor	<p>12.1 El Depto. de recursos financieros realiza el pago al proveedor.</p>	Depto. recursos financieros

Conclusiones.

Analizar las Normas ISO, su implementación en la institución, los beneficios que se obtienen y los procesos estratégicos, ha permitido tener un mayor conocimiento sobre el proceso de compras. Mismo que sabíamos cómo realizar, pero no la normatividad que lo sustenta y los cambios que tiene y su efecto.

Durante el análisis de los institutos tecnológicos, aparecieron dos conceptos que quizás uno piensa que significan lo mismo y los relacionan, sin embargo, estos se diferencian de la siguiente forma:

Proceso: Las actividades relacionadas para obtener un resultado.

Procedimiento: Es la forma específica y obligatoria de llevar a cabo actividades o un proceso. (ISO, 2018)

Instructivo: Guía que describe de manera clara y precisa la forma correcta en que se hacen las actividades.

Si bien el instructivo de compras tiene las indicaciones que se deben seguir, se propuso la idea de añadir un diagrama de flujo junto con una matriz de responsabilidades. De esta forma, será más fácil comprender y emplear el proceso. El proceso de compras incluye la interacción de varias áreas para su realización, esto fue plasmado en el diagrama para su consulta y despejar alguna duda.

El diagrama junto con la matriz fue expuesto a los encargados, quienes dieron su aprobación para incluirlo en el instructivo.

Esperando que este de resultados a favor y sea de ayuda en el proceso.

A su vez, se llevó a cabo la selección, evaluación y catálogo de proveedores, son documentos internos del departamento de recursos materiales y servicios y está dentro de la documentación que ellos manejan.

Esta documentación tiene un tiempo de retención de un año, se vio afectada su actualización durante la pandemia, cada uno se realizó en el periodo establecido, resultando un total de 55 proveedores en el catálogo que fue aprobado por la subdirección administrativa. Posteriormente, se archivaron y solicitaron las listas de precios de los mismo para poder hacer las actualizaciones en la plataforma predeterminada (SISAD) para que los directivos y jefes de área cuando hagan requisiciones sepan los precios actualizados de los productos.

Requisiciones, órdenes de compra, contactar a los proveedores para cotizar o pedir algún bien, recabar firmas, entregar los bienes solicitados, revisar la documentación archivada para actualizar y elaborar oficios son actividades que se hicieron durante este periodo en el departamento de recursos materiales y servicios.

Agradecimientos.

A la Directora del Instituto Tecnológico de Iguala M.D.I.S. Areli Bárcenas Nava, el Ing. Javier Taboada Vázquez Subdirector de Planeación y Programación y a todos los integrantes del departamento de Recursos Materiales y Servicios.

Referencias

- Arroyo, F. (25 de Julio de 2017). *smat.es/*. Obtenido de <http://www.smat.es/smat-opina/sistemas-integrados-de-gestion/>
- Contreras Alcopar, L. E. (10 de Febrero de 2021). *sbcstrategicbusinessconsulting.com/v4/*. Recuperado el 24 de Julio de 2022, de <https://www.sbcstrategicbusinessconsulting.com/v4/blog/236-que-es-un-sistema-integrado-de-gestion.html>
- ISO. (Septiembre de 2015). *.iso.org/home.html*. Recuperado el 24 de Julio de 2022, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- ISO. (Diciembre de 2018). *ISOfocus*. Recuperado el 2022, de [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20\(2013-NOW\)/sp/isofocus_113.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20(2013-NOW)/sp/isofocus_113.pdf)

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS DEL *BLENDED LEARNING* EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL.

J. del C. Ortega-Millán, y M. Chanes-Martini.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27,
Col. Centro, Zacatepec Morelos, México, jeanett.om@zacatepec.tecnm.mx
, michelle.cm@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: *INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)*

Resumen. En nuestro país, en la última década del siglo pasado, se dieron los primeros esfuerzos en las instituciones de educación superior por crear una plataforma que pudiera impartir cursos a distancia, sin embargo, casi tres décadas después, el sector educativo seguía centrado en la presencialidad. Con la aparición del virus SARS-CoV-2 y el inminente cierre de instituciones, de manera obligatoria, sorpresiva, y con una aparente falta de conocimiento y aplicación de las Tic's para tal fin, nos vimos obligados a enfocarnos en el aprendizaje digitalizado.

El TecNM campus Zacatepec, pasó por este tránsito y casi dos años después regresa de manera programada a un modelo mixto, es decir combina la presencialidad con los recursos de plataformas educativas en línea, ya que era importante conservar las medidas de sana distancia dictadas por la Secretaría de Salud.

Este, es un estudio de tipo mixto, que intenta evaluar la adquisición de las competencias específicas por parte de estudiantes de un programa educativo de Ingeniería en este centro, mediante el enfoque denominado Blended-Learning, adicionalmente se valora por parte de los estudiantes su preferencia para la asistencia a clases y las razones por las cuales eligen esta modalidad. El fin de este estudio es crear un marco de referencia para el diseño de un modelo eficiente que permitan el aprendizaje con las características de calidad y pertinencia que requieren nuestros estudiantes, en cualquier escenario.

Introducción.

El Tecnológico Nacional de México campus Zacatepec es una institución pública de educación superior ubicada al sur del estado de Morelos. Como todas las instituciones en nuestro planeta se vio afectada en su actividad, debido a la emergencia de salud pública por el coronavirus (COVID-19) declarada como tal, por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 30 de enero del 2020 (OMS, 2020).

El servicio otorgado por esta institución de educación superior se vió interrumpida al principio, posteriormente los administradores establecieron procedimientos para facilitar y garantizar la calidad de la enseñanza durante este proceso.

Los docentes utilizábamos ya, recursos y herramientas de manera más o menos regular como aplicaciones de mensajería instantánea (WhatsApp y Messenger) y plataformas como Edmodo y Moodle. Sin embargo, la pandemia potenció su uso; primero para establecer comunicación de manera emergente y posteriormente para el diseño de actividades de aprendizaje.

Antes de iniciar el semestre Agosto Diciembre 2020, se nos brindó capacitación en el uso de la plataforma Teams de Microsoft 365, convirtiéndose así el modelo presencial, en un modelo totalmente en línea, debido a las condiciones de emergencia sanitaria en las que nos encontrábamos. Proporcionamos este servicio

durante ese período y todo el año siguiente, enfrentando un sinnúmero de retos y complicaciones, pero tratando siempre de continuar con el proceso educativo de la mejor forma.

Gracias al descubrimiento y aplicación de la vacuna contra esta enfermedad, y la posterior disminución de las tasas de mortalidad, se dieron las condiciones para el paulatino retorno a la normalidad y después de casi 2 años de haber iniciado esta pandemia, el Tecnológico Nacional de México campus Zacatepec comenzó el retorno programado, por etapas, a la docencia presencial en el mes de enero del año 2022.

Dentro de esta programación, los docentes combinábamos la impartición de clases en aula, de manera presencial durante dos semanas con clases en modalidad en línea a través de la plataforma Teams, dando paso a un modelo híbrido, es decir una modalidad mixta, combinando un tiempo y espacio presencial y otro a distancia (en línea).

Este modelo denominado en idioma inglés como Blended-Learning:

“es un tipo de educación que combina el aprendizaje en aula de manera presencial con el aprendizaje que se hace a través de medios digitales, permite el acceso a la educación de poblaciones rurales o personas con difícil acceso de moverse a los centros educativos” (Villa, et al.,2022).

Los resultados de la aplicación de este modelo a nivel global, en este momento, aún se están valorando. Esta investigación pretende contribuir en ese sentido, al analizar la implementación de este enfoque en una asignatura de un programa de ingeniería, evaluando el logro de las competencias específicas y la percepción del aprendizaje obtenido por los estudiantes.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La metodología seguida para esta investigación es de tipo documental cualitativa y cuantitativa, es decir tiene un enfoque mixto, ya que como señalan los siguientes autores:

.. es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en una misma investigación o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento, y justifica la utilización de este enfoque en su estudio considerando que ambos métodos (cuantitativo y cualitativo) se entremezclan en la mayoría de sus etapas (Guelmes y Nieto, 2015).

En este caso, el diseño consta de dos etapas: la primera de tipo cuantitativo, se evalúa el logro de las competencias bajo el modelo utilizado por el TecNM que es el denominado Modelo educativo para el siglo XXI: Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales (DGIT, 2012). En dicho modelo se evalúa el logro de las competencias mediante evidencias que pueden ser: “pruebas, exámenes prácticos, observación o examen de evidencias sobre el desempeño” (Ruiz, 2009).

Para esta etapa se diseñó un instrumento tipo cuestionario en la plataforma Microsoft 365 en la aplicación Forms.

La asignatura evaluada fue: Entorno Macroeconómico (GEF-0906), impartida al grupo QA del plan de estudios de Ingeniería en Gestión Empresarial (TecNM, 2017).

Las competencias específicas de la asignatura son las siguientes que se muestran en la Tabla 1 (TecNM, 2017):

Tabla 1 Competencias específicas de la asignatura Entorno Macroeconómico

Tema	Competencia específica
1 Fundamentos macroeconómicos	Analizar los conceptos básicos de la ciencia macroeconómica, para comprender las diversas causas de los fenómenos económicos y sus implicaciones para la empresa y sociedad.
2 Cuentas Nacionales	Analizar las cuentas y los sectores económicos nacionales para identificar el comportamiento de las distintas variables a través de los métodos establecidos.
3 Equilibrio Macroeconómico	Determinar el equilibrio macroeconómico en el tiempo, a través del análisis de la oferta y demanda agregada, así como del comportamiento de la balanza de pagos y sus principales indicadores financieros internacionales, para establecer estrategias de mercado que maximicen las ganancias de la empresa.
4 Política Económica.	Analizar el impacto de las políticas fiscal, monetaria y cambiaria en el equilibrio agregado para poder pronosticar los diferentes escenarios económicos de los cuales se desenvolverá la toma de decisiones de la empresa.
5 Crecimiento y desarrollo económico.	Analizar las variables que influyen en el crecimiento y desarrollo económico del país para identificar los escenarios estratégicos que favorezcan a la competitividad de la empresa.
6 Organismos de cooperación económica internacional y las estructuras de integración regional	Examinar los principales organismos de cooperación económica y las diferentes estructuras de integración, para identificar las diferentes oportunidades de vinculación económica y comercial de la empresa en aras de su crecimiento

En la segunda etapa de corte cualitativo se evalúa la percepción del logro de la competencia en modalidad mixta, la preferencia de la modalidad para asistir a clases y las razones por las cuales decidieron esa modalidad.

Para medir la percepción del logro de las competencias de la asignatura, se diseñó un cuestionario de 6 preguntas, una para cada competencia, las respuestas estuvieron conformadas por una escala tipo Likert de 5 niveles: excelente, bueno, notable, suficiente e insuficiente.

Se inscribieron 33 estudiantes, de los cuáles 4 desertaron y no concluyeron la asignatura, de los 29 restantes, solo 26 estudiantes respondieron el instrumento y evaluaron este modelo mixto o Blended Learning, que para fines de este estudio lo consideraremos como la: “combinación o integración de la modalidad de educación presencial y no presencial sustentada en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)” (Maureira, et al., 2020).

Resultados y Discusión.

El Modelo educativo que utiliza el TecNM es el modelo por competencias, el diseño de la evaluación está a cargo de los docentes organizados por grupos colegiados, en este caso, la evaluación estuvo instrumentada bajo el enfoque Blended learning, adaptándose a las circunstancias impuestas por la Dirección del plantel, cuyo detalle se muestra a continuación en la tabla 2:

Tabla 2. Modalidad, forma e instrumento de evaluación en la que se impartieron los temas

Tema	Modalidad	Forma de evaluación	Instrumento de evaluación
Tema 1 Fundamentos Macroeconómicos.	Virtual	Virtual	Asistencia 10% Trabajos 40% Examen 40% Participación 10%
Tema 2 Cuentas Nacionales.	Virtual	Presencial	Asistencia 10% Trabajos 40% Examen 40% Participación 10%
Tema 3 Equilibrio Macroeconómico.	Híbrida	Presencial	Asistencia 10% Trabajos 40% Examen 40% Participación 10%
Tema 4 Política Económica	Híbrida	Presencial	Asistencia 10% Trabajos 40% Examen 40% Participación 10%
Tema 5 Crecimiento y desarrollo económico.	Presencial	Presencial	Asistencia 10% Trabajos 40% Examen 40% Participación 10%
Tema 6 Organismos de cooperación económica internacional y las estructuras de integración regional.	Presencial	Presencial	Asistencia 10% Trabajos 40% Exposición 50%

Los resultados obtenidos al evaluar las evidencias de aprendizaje fueron los que se observan en la tabla 3:

Tabla 3: Resultados de la evaluación de cada tema de la asignatura Entorno Macroeconómico

Tema	Aprobados	Reprobados	No presentaron
1	70%	30%	0%
2	55%	39%	6%
3	61%	33%	6%
4	70%	24%	6%
5	82%	12%	6%
6	88%	6%	6%

Se aprecia un incremento en el nivel de aprobación del 33% entre el nivel más bajo (55%) correspondiente al tema 2 en modalidad virtual a un nivel más alto: tema 6, del (88%) en modalidad presencial.

De igual forma el nivel de reprobación disminuye en la modalidad presencial en el mismo porcentaje siendo el menor (6%) para el tema 6 en modalidad presencial y el mayor (39%) en modalidad virtual, pero con evaluación presencial.

En lo que se refiere a los resultados en la percepción de logro encontramos lo siguiente:

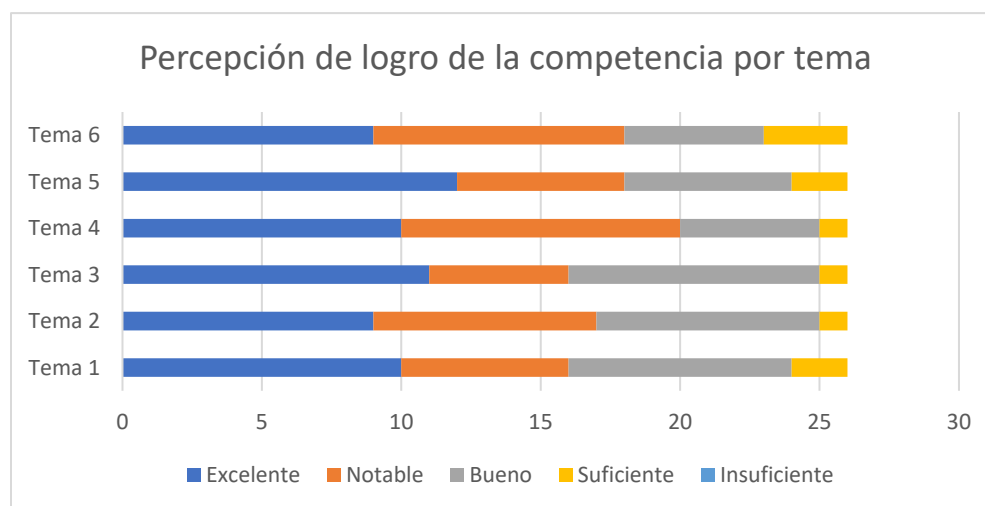


Figura1: Percepción de los estudiantes sobre su nivel de logro de la competencia de cada tema.

En la Figura 1 se observa que los estudiantes consideran que alcanzaron todas las competencias establecidas en la asignatura de Entorno Macroeconómico, más del 60% consideran que lo alcanzaron en un nivel excelente y notable.

Al comparar los resultados obtenidos en la evaluación (cuantitativa) con los resultados de la percepción (cualitativa), se verifica que los resultados son consistentes. El 71% de los estudiantes evaluados aprobaron.

Adicionalmente, se solicitó a los alumnos que definieran la modalidad en la cual les resultaba más fácil adquirir las competencias y las razones por las cuales creían esto.



Figura 2 Modalidad en la que los alumnos perciben alcanzan más fácilmente las competencias específicas.

Se observa en la figura 2, que el 92% de los estudiantes consideran que adquieren de mejor manera las competencias de forma presencial y solo el 8% lo prefiere en modalidad virtual.

Con respecto a las razones de porque preferían la modalidad presencial que virtual, se les solicitó en el cuestionario, en una pregunta abierta, que mencionaran las 3 principales que sustentaran su elección y los resultados que arrojaron contenido en la tabla 5:

Tabla 5: Razones por las que se prefiere la presencialidad para la adquisición de las competencias de la asignatura.

Porcentaje %	Razones por las que prefieren la presencialidad
35%	Sin distracciones
35%	Facilidad para resolver dudas
31%	Mayor concentración
23%	Contacto con personas
23%	Mayor dinamismo

Conclusiones.

El COVID-19 cambió la naturaleza de la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes y los docentes a un modelo en línea. La repentina transición abrió

grandes oportunidades para la innovación en la movilidad y la colaboración virtual, la digitalización de la educación se vio acelerada, nunca ésta, volverá a ser la misma. Sin embargo, también repercutió en la calidad de la enseñanza ya que a menudo, la infraestructura y las personas carecíamos de experiencia previa en la enseñanza y el aprendizaje en entornos virtuales.

Los nuevos modelos de educación tendrán que adaptarse a este crecimiento de medios de tecnología e información y a la experiencia, vocación y pasión de los docentes. La plataforma y recursos virtuales son un gran apoyo para los estudiantes, pero no sustituyen la enseñanza, atención y compañía que podemos proporcionar, es necesaria la cercanía, los estudiantes lo indican.

Las instituciones de nivel superior deben aprovechar la enseñanza y el aprendizaje en línea, para estar mejor preparadas y garantizar su continuidad de forma ininterrumpida, pero es necesario invertir en la formación de los instructores y en soluciones de infraestructura de calidad y con equidad, para que la calidad del proceso educativo no se vea comprometido.

El Blended Learning es la nueva estrategia de enseñanza aprendizaje, que se aplicaba ya, antes de la pandemia y que cobra vigencia e importancia en esta era post-covid.

Agradecimientos.

Nuestro agradecimiento a la Mtra. Brenda Selene López Medina, Jefa del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del TecNM campus Zacatepec, por el apoyo otorgado.

A nuestros estudiantes del programa educativo de Ingeniería en Gestión Empresarial.

Referencias

- Dirección General de Educación Superior Tecnológica (2012). *Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales*. DGEST. <http://www.dgest.gob.mx/modeloeducativo/modeloeducativo.pdf>
- Guelmes, E. y Nieto, L. (2015). *Algunas reflexiones sobre el enfoque mixto de la investigación pedagógica en el contexto cubano*. Revista Universidad y Sociedad, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202015000100004&lng=es&tlng=es.
- Maureira, O., Vásquez, M., Garrido, F. y Olivares, M. (2020). *Evaluación y coevaluación de aprendizajes en Blended learning en educación superior*. Alteridad Revista de Educación. <https://alteridad.ups.edu.ec/index.php/alteridad/article/view/2.2020.04>
- Organización Mundial de la Salud (2023). *Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>
- Ruiz, M. (2009) *La Evaluación Basada en Competencias*. Primer Congreso Educativo Formando Formadores "Hay Talento 2009". México. <https://www.cca.org.mx/>

- Tecnológico Nacional de México (2017). *Planes y Programas de Estudio 2009-2017. Ingeniería en Gestión Empresarial*. Secretaría de Educación Pública. Gobierno de México. <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>
- Villa, J., Santos, A., Valencia, O. y Osorio, A. (2022). *Blended Learning: una revisión cuantitativa*. Revista de Ingeniería Interfaces. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/interfaces/article/view/9458/8449>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

MODELO PARA EL PROCESO DE SELECCIÓN DE ASPIRANTES AL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC EMPLEANDO PLATAFORMAS VIRTUALES

E.G. Carrillo-González¹, E.A. Díaz-Domínguez¹, O. Román-Rosales¹ y F. Sánchez-Sánchez¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27,
Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- erica.cg@zacatepec.tecnm.mx,
arturo.dd@zatapetec.tecnm.mx, oscar.rr@zacatepec.tecnm.mx, felipe.ss@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: INOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: El modelo propuesto para el proceso de selección de aspirantes al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Zacatepec, fue la creación de una plataforma virtual llamada “Ingresotec”, la cual tiene la finalidad de optimizar los procesos para que el aspirante a ingresar a nuestra institución, se le facilite el llevar a cabo el trámite administrativo, que hasta antes del COVID-19, se realizaba de forma presencial donde entregaban toda la documentación solicitada impresa y que con el distanciamiento social, nos obligó a emplear herramientas digitales, como fue en este caso, la creación de esta página web, la cual optimiza los procesos para que el aspirante desde casa y los responsables del proceso, que en este caso es el Departamento de Desarrollo Académico del Instituto Tecnológico de Zacatepec, lleven a cabo satisfactoriamente esta actividad, con la firme intención de que se implemente de manera permanente. Esta plataforma nos permitirá que en caso de distanciamiento social o con la modalidad presencial, ayude a contar con un proceso óptimo, de fácil acceso para aspirantes y para mantener un mejor control administrativo por parte de los responsables del proceso.

Introducción.

A casi tres años desde que comenzaron a registrarse los primeros casos del covid-19 en el país, con restricciones y un regreso a la “nueva normalidad”, las universidades alrededor del mundo como lo explica Delgado (2021), se enfrentan no solo con las dificultades que implica la continuidad académica durante estas circunstancias extraordinarias sino también al problema de cómo realizar el proceso de admisión a las instituciones educativas en tiempos de distanciamiento social producido por el COVID-19, generando grandes cambios y retos, acogiendo a la virtualidad o educación a distancia, para poder continuar con la misión.

De acuerdo con datos de Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la cultura (UNESCO) Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC, 2020), para finales de marzo de 2020, ya diferentes países habían dejado la presencialidad, afectando aproximadamente a 23.4 millones de estudiantes de educación superior y a 1.4 millones de docentes en América Latina y el Caribe.

En el entorno de pedagogía, las universidades e instituciones públicas y privadas del país tuvieron que adaptarse a la modalidad de estudio a distancia o también llamado “aula virtual”, para evitar los altos índices de contagio y la baja capacidad hospitalaria con la que el país cuenta; en este aspecto el gobierno se vio obligado a tomar decisiones de enviar al profesorado y al estudiantado a un alejamiento

colectivo y acoplarse a intercambiar un marcador por un computador y herramientas virtuales tales como Teams, Zoom, Skype, de otras que permitieron la sincronización de varias personas vía remota. En el área educativa-administrativa, Peralta (2020), nos muestra en su estudio sobre el avance en los procesos académicos, sugiriendo que exista mayor flexibilidad en diferentes trámites administrativos, como es el caso de las matrículas y los procesos de selección de aspirantes, tomando como medida de continuidad del proceso el uso de tecnologías alternativas. Tal efecto de este estudio citado plantea la implementación de herramientas virtuales que permite a los jóvenes facilitar su proceso de admisión y que no se les ha dificultado, por estar más familiarizados con la tecnología. Las instituciones han recurrido a las redes sociales y las demás herramientas virtuales con las que el estudiantado ya está más en contacto, permitiendo un cambio en el modo en que se había concebido el proceso de selección en las universidades y sobre todo en nuestra institución.

En el Instituto Tecnológico de Zacatepec, como institución de nivel superior se vio en la necesidad de crear una alternativa para que el proceso de ingreso sea lo más eficiente y confiable posible, ya que el proceso antes del COVID-19 era 100% de manera presencial, y que ha funcionado muy bien, pero que ha hecho que con el COVID-19, nos demos cuenta de las limitaciones organizacionales y el sin número de obstáculos a enfrentar, por el distanciamiento social, lo que nos ha obligado a generar una alternativa viable para poder plantear un modelo de gestión que nos permita dar respuesta a las nuevas tendencias, con el empleo de plataformas tecnológicas, que brinden un mecanismo para mantener el proceso de selección de aspirantes actualizado, vigente y acorde a las necesidades del entorno, es por ello que se creó con la ayuda de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de nuestra institución, la plataforma llamada “Ingresotec”, la cual realizar y almacenar todo el proceso administrativo de cada aspirante desde casa, con la ayuda de un celular o un mediante un ordenador.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El Departamento de Desarrollo Académico del Instituto Tecnológico de Zacatepec, es el encargado del proceso de selección de aspirantes a ingresar a nuestra institución, el cual hasta antes del COVID-19 se realizaba todo de manera presencial, con toda la documentación de forma impresa y el llenado de la información de manera manual, para los dos procesos de admisión con los que contamos, es decir en el periodo agosto-diciembre y/o enero-junio. El proceso para ambos casos consistía en que el aspirante pagaba en el banco y envía el recibo al correo: coordinacion.oe@itzacatepec.edu.mx para que se realizara el seguimiento a través de correos y llenado de la ficha, ahora derivado de la pandemia se realizó un ajuste a través de la página “Tecnamex”, (nuestra plataforma para el control interno estudiantil), para generar un registro y subir el comprobante de pago al “Tecnamex”; posterior a esto el aspirante debe llevar toda la documentación solicitada de forma impresa para entregarla en el Departamento de Desarrollo Académico del Instituto Tecnológico de Zacatepec y así llenar una encuesta de

forma manual y asignarle un aula y matrícula para presentar el examen de CENEVAL (en el caso de ingreso agosto-diciembre), y para ser aceptado en el periodo enero-junio debía igualmente entregar su documentación impresa y se le un horario para cursar y aprobar el curso llamado anteriormente “semestre cero”. Ahora llamado curso de nivelación de otoño.

Si bien el mecanismo de control había funcionado y daba buenos resultados, con el distanciamiento por COVID-19, se tuvo que buscar alternativas para continuar con el proceso de selección, es por ello que se desarrolló una página web llamada “Ingresotec” que permite que el proceso de registro de admisión sea capaz de almacenar la información, donde asigna una matrícula temporal a cada aspirante, el cual se registra y captura toda su información personal como: nombre (s), apellidos, CURP, escuela de procedencia, etc., en la misma plataforma llena una encuesta, y la misma plataforma le proporciona el Pase de Ingreso. La comparativa de ambos procesos se ilustra en la figura 1.

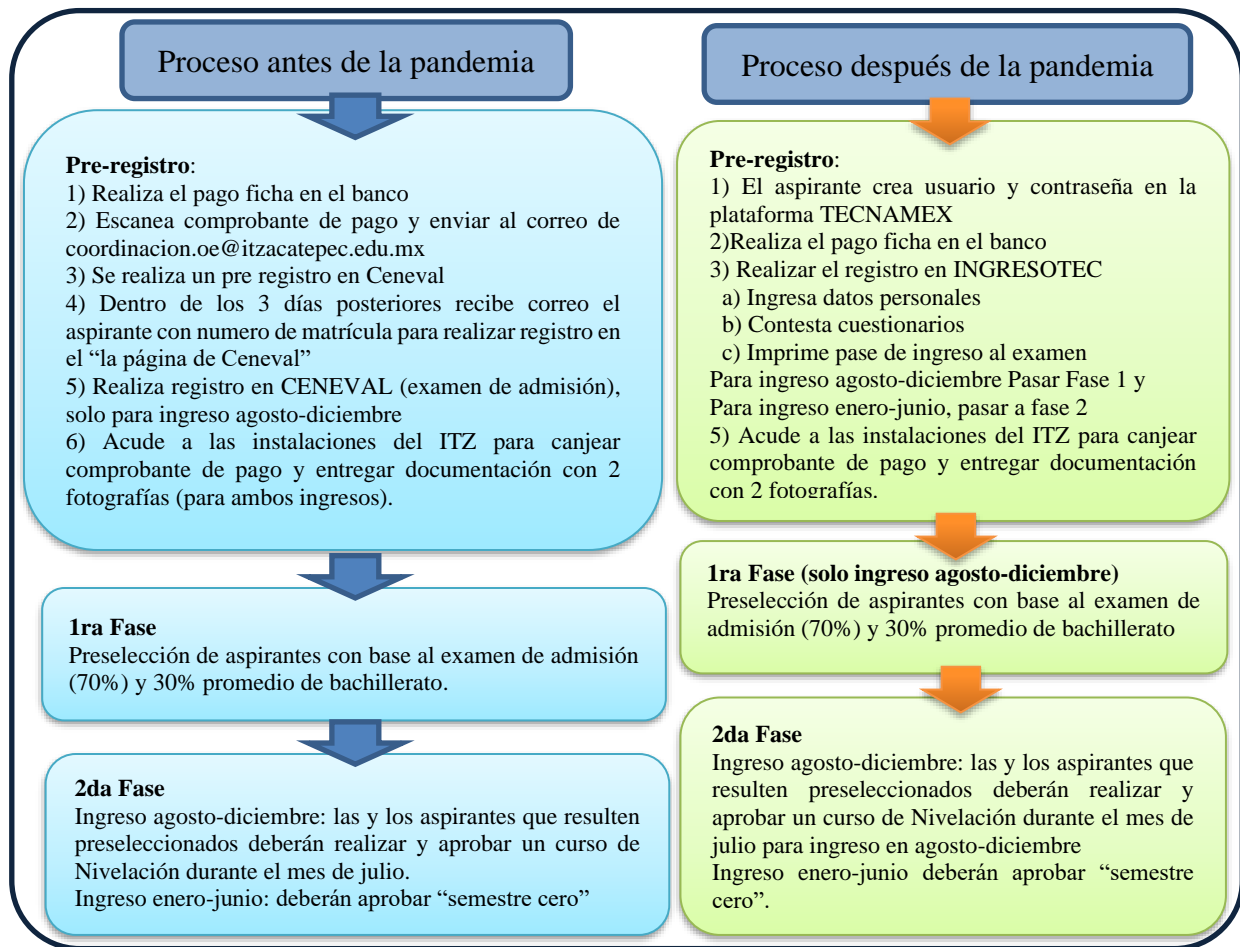


Figura 1. Etapas del proceso de selección

Resultados y Discusión.

La plataforma “Ingresatec” nos ha permitido en primera instancia eliminar el archivo físico, donde se almacenaba toda la documentación de cada aspirante en ambos periodos de ingreso, y a su vez esta plataforma nos ha permitido un mayor control de los aspirantes registrados, permitiendo localizar fácilmente los datos y contar con toda la documentación completa solicitada almacenada para su uso y análisis.

El sitio tiene un menú muy fácil de utilizar y solo resalta los tres aspectos que se requieren en el momento.

- A. Ingresar sus datos personales
- B. Contestar los cuestionarios
- C. Imprimir su pase de ingreso al examen.

A continuación, se muestran las etapas para el registro de aspirantes en la plataforma de “Ingresotec”:

- 1) Ingresar a la plataforma “Ingresotec”, para ello el sustentante realiza el registro mediante el usuario que es su CURP para iniciar su registro (Previo a entrar a la plataforma el aspirante debe haber realizado su pago)
- 2) Una vez ingresando con su usuario y contraseña se mostrará un menú donde deberá ingresar a “Nuevo Registro” Ver figura 2b



- a) Ingreso a la plataforma de Ingresotec b) Manu de entrada

Figura 2. Ingreso y menú de entrada en la plataforma Ingresotec

- 3) Llenados los datos personales como nombre completo, CURP, escuela de procedencia, etc., dar click en la pestaña de “guardar” para continuar con la siguiente pestaña “Contestar Encuesta”, (Ver figura 3)

General **Contestar Encuesta** Emocional Medidas de logro Desempeño Académico

¿Vives con tu familia, rentas ó tienes casa propia?
Selecciona la opción

¿Cuántas personas viven en tu domicilio, incluyéndote?
Selecciona la opción

¿Cuántas personas dependen del ingreso de los miembros de tu hogar para cubrir gastos de alimento (Incluyéndote)?
Selecciona la opción

¿Qué institución les brinda servicios de salud a ti y a tu familia?
Selecciona la opción

¿De que material es el techo de tu vivienda?
Selecciona la opción

Cancelar

Figura 3. Pestaña “Contestar Encuesta” en la plataforma Ingresotec

- 4) Una vez contestadas todas las pestañas del apartado de “Encuestas”, la plataforma generará el documento de “Pase de Ingreso al Examen” en el caso de los que ingresan en el periodo agosto-diciembre (Ver figura 4), y para los que ingresan en el periodo enero-junio, el encabezado les mostrará su “Pase de ingreso” con su horario asignado para cursar “semestre cero”.

EDUCACIÓN | INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO | Instituto Tecnológico de Zacatepec
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA | Departamento de Desarrollo Académico

Fotografía

Pase de Ingreso al Examen

CURP: GOAL040401MMSMCTA5

Matricula: ITZ23IC001

Nombre: GOMEZ ACOSTA LITZY SUJEY

Programa educativo: INGENIERÍA CIVIL

Lugar de aplicación: LABORATORIO DE CÓMPUTO LC-1

Fecha y hora de aplicación: 13-06-23 9:00 a 12:00

Firma

Nota: Al momento de ingresar al examen, tendrás que presentarte con lo siguiente:

- Identificación con fotografía
- Calculadora básica
- Pluma
- Este documento impreso
- Sacapuntas
- Lápiz
- Goma

Calzada Tecnológico No.27 Col. Centro C.P.62780 Zacatepec, Morelos. Tel. (734)3432110 y 3432111 Ext. 228 e-mail: dda_zacatepec@tecnm.mx | zacatepec.tecnm.mx

2023 Francisco VIBA

Figura 4. Documento “Pase de ingreso” que genera la plataforma Ingresotec

Conclusiones.

Teniendo en cuenta todo lo que ha traído consigo la contingencia de salud pública a causa del COVID-19, el sector educativo se han tenido que adaptar a la llamada nueva normalidad, la necesidad de mantenerse vigente en el mercado, ha generado que las organizaciones implementen herramientas y opciones diferentes a las tradicionales, encuentros sincrónicos, virtualidad y herramientas de conexión remota para la captación y atracción de talento humano en sus procesos, es por ello que el Tecnológico de Zacatepec, con la misión de seguir mejorando, se dio a la tarea de buscar mecanismos que nos permitieran seguir con el proceso de selección de aspirantes, creando la plataforma “Ingresotec”, la cual nos permite en primera instancia optimizar nuestros recursos, contribuir con el cuidado del medio ambiente, y sobre todo a facilitar tanto a los aspirantes como al Departamento encargado de este proceso, el tener un control y acceso a la información fácilmente, con la misión de siempre facilitar los trámites administrativos y a la vez nos permiten contar con evidencias para analizar y mejorar las etapas administrativas de selección, que claramente están establecidas desde TecNM, para el proceso de selección de aspirantes a nuestra institución.

Agradecimientos.

Agradecemos el apoyo de las autoridades del Instituto Tecnológico de Zacatepec, y a los estudiantes de servicio social y residentes de la carrera de Sistemas Computacionales de nuestra institución.

Referencias

- CENAEDU. (13 de 03 de 2020). Tecnológico Nacional de México. Obtenido de: http://www.tecnm.mx/archivos/slider/0001_LINEAMIENTOS_DE_ACCION_PANDEMIA_COVID_19_EN_MEXICO.pdf
- Campero, E. M. (26/11/2020). CUAIEED. Obtenido de: <http://cuaieed.unam.mx/descarga/Evaluacion-para-la-Educacion-a-distancia-estrategias-en-situacion-de-emergencia.pdf>
- González M, M. E. (03/08/2020). Diario Oficial de la Federación. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5597705&fecha=03/08/2020
- Lezcano, L. (26 de 11 de 2017). Universidad Nacional de la Patagonia Australia. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5919087>
- Manual González, E. M. (23 de agosto de 2020). DOF. Obtenido de: https://www.usal.es/files/Informe_modelos_evaluacion_Gabinete_ministro_universidades.pdf
- Paulette, D. (17 de febrero de 2021). Institute for the Future of Education. Tecnológico de Monterrey. Obtenido de <https://observatorio.tec.mx/edu-news/admision-universidad-covid/>.
- R, Q. (26 de 11 de 2006). RED Revista de Educación a Distancia. Obtenido de: <http://www.um.es/ead/red/M6/quesada.pdf>
- Universitario. (23 de agosto de 2021). UNAM. Obtenido de: <http://www.gaceta.unam.mx/wp-content/uploads/2021/08/210823-lineamientos-actividades-iniversitarias-en-marco-de-la-pandemia.pdf>

Universitario, C. E. (23 de agosto de 2021). Gaceta UNAM. Obtenido de <https://www.gaceta.unam.mx/wp-content/uploads/2021/08/210823-lineamientos-actividades-universitarias-en-marco-de-la-pandemia.pdf>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA ECONOMÍA, MEDIANTE EL EMPRENDIMIENTO SOCIAL, CASO DE ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE DOLORES, EPITACIO HUERTA, MICHOCÁN

L. Téllez-Rivera¹, O. Oswaldo-Torres¹, A. Torres-Balcázar², A. Gonzales-Lorence²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N Juan Morales, 62745 Cuautla, Mor- m20680024@cuautla.tecnm.mx, omar.torres@cuautla.tecnm.mx, ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan Del Río, Av Tecnológico 2, Quintas de Guadalupe, 76800 San Juan del Río, Querétaro. - amauri.tb@sanjuanrio.tecnm.mx, armida.gl@sjuanrio.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: El presente trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar un proyecto de emprendimiento de desarrollo social para impulsar la economía, de la localidad de Dolores, en el municipio de Epitacio Huerta, Michoacán. Como primera etapa se realiza un diagnóstico de la comunidad, mediante las herramientas de análisis FODA para identificar la competitividad, las necesidades, así como las oportunidades de innovación de la población y un análisis de PESTEL, para Identificar las brechas, intelectuales, institucionales, administrativas, políticas y de infraestructura de Dolores. En la segunda etapa del proyecto se diseña la propuesta de proyecto de emprendimiento de desarrollo social mediante el uso de la herramienta de canvas social. De esta manera se concluirá con la elección de la mejor alternativa de emprendimiento para la comunidad, buscando el mayor beneficio socioeconómico. En la tercera etapa se gestiona la propuesta de proyecto de desarrollo social mediante el uso de la metodología PM4R, "Project Management for Results" esta metodología nos brinda herramientas para la gestión del proyecto social siguiendo la estructura del ciclo de vida de un proyecto el cual se divide en 5 etapas estas son: inicio, planificación, implementación, monitoreo y control y por último cierre. Con los resultados obtenidos del presente proyecto se espera contribuir al desarrollo y la competitividad, de la localidad de Dolores, y así mismo participar en el progreso que el país necesita.

Palabras clave: Proyectos de desarrollo, emprendimiento social, crecimiento socioeconómico, desarrollo comunitario

Introducción.

Durante el año 2020 y 2021 se vivió de manera mundial la pandemia por el virus COVID 19 dejando estragos económicos y sociales. Uno de los principales problemas que originó, fue el desempleo de manera acelerada dentro del país, la tasa de desempleo en México se ubicó en 3.7 por ciento en el cuarto trimestre de 2021, su menor nivel desde el primer trimestre del 2020, antes del impacto de la pandemia, de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, Censo de población , 2020)

En el estado de Michoacán, para el cuarto trimestre del año 2020 la tasa de desocupación en hombres y mujeres fue de 2.7 y 1.6, y para el tercer trimestre del año 2021 fue de 2.1 y 3.3 por ciento respectivamente. Destacando el porcentaje de desocupación en mujeres de este estado. (INEGI, RESULTADOS DE LA

ENCUESTA NACIONAL DE OCUPACIÓN Y EMPLEO. NUEVA EDICIÓN (ENOEN). (2021)., 2021)

Debido a esta tasa de desempleo las personas que se encontraban trabajando fuera de la comunidad de Dolores y sus alrededores, han regresado y se han encontrado con dificultades para seguir generando ingresos para el sustento de su familia enfrentándose la baja oportunidades de empleo dentro de su municipio, así como la falta de apoyo de recursos de financiamiento para emprendimientos.

La generación de emprendimientos sociales, son un agente potenciador del progreso social y de la transformación de una comunidad para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, a su vez genera crecimiento económico, social y medioambiental en el país.

La comunidad de Dolores pertenece al municipio de Epitacio Huerta, Michoacán, sus principales actividades económicas, son la agricultura y el comercio. Se encuentra a una distancia de 10 km de la cabecera municipal y cuenta con 1,282 habitantes. (INEGI, Censo de población , 2020)

El principal objetivo por cumplir es implementar un proyecto de emprendimiento de desarrollo social para impulsar el desarrollo socioeconómico de la localidad de Dolores, en el municipio de Epitacio Huerta, Michoacán.

Esto podrá ser posible mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos particulares:

- Identificar la capacidad competitiva y las oportunidades de innovación en la localidad de Dolores, mediante análisis FODA.
- Identificar las brechas, intelectuales, institucionales, administrativas, políticas y de infraestructura en la localidad de dolores Epitacio huerta, Michoacán, mediante análisis de PESTEL
- Desarrollar la propuesta de proyectos de desarrollo de emprendimiento social mediante el uso de la herramienta de canvas social
- Diseñar y desarrollar la propuesta de proyecto de desarrollo social mediante el uso de la metodología PM4R

El impacto de la investigación radica en la generación de una propuesta de emprendimiento social, que permita, impulsar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida de los habitantes en la comunidad de Dolores, municipio de Epitacio Huerta Michoacán a mediano y largo plazo.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El proceso metodológico del proyecto consta de tres etapas (Diagnostico, diseño y selección de alternativas de emprendimiento, y por último gestión del proyecto de desarrollo social.

Se usaron las herramientas análisis FODA y análisis de PESTEL, para el diagnóstico inicial como parte de la primera etapa.

Como segunda etapa se usó la herramienta canvas social para la representación de los modelos de negocio de los proyectos de desarrollo social como alternativas y someterlos a evaluación y selección de la alternativa que represente el mayor beneficio económico y social para la comunidad de Dolores.

Por último, se realizó mediante la metodología PM4R, la gestión del proyecto de desarrollo social seleccionado, siguiendo la estructura del ciclo de vida de un proyecto el cual consta de 5 etapas (inicio, planificación, implementación, monitoreo y control y por último cierre). (Mondelo, 2019)

Esta metodología para la gestión de proyectos de desarrollo nos ofrece herramientas, para elaborar cada una de las 5 etapas.

En la tabla 1 se puede apreciar la estructura de la metodología PM4R, donde se detalla las fases, así como las herramientas que se requieren para estas. Posteriormente en la ilustración 1 se visualiza el diagrama de la metodología de manera general, integrando las herramientas de FODA, Análisis de PESTEL y el lienzo canvas social, conformando las 3 etapas de la metodología de tal manera que nos permita lograr el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Tabla 1 Metodología PM4R, Fuente elaboración propia

PM4R “Project management for results”	
FASE	HERRAMIENTA
INICIO	*Matriz de resultados *Matriz de interesados *Acta de constitución del proyecto
PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	1. Desarrollo de la estructura desglosada de trabajo EDT 2. Cronograma 3. Curva S para el control de costos 4. Matriz de adquisiciones 5. Matriz de riesgos 6. Matriz de comunicaciones 7. Matriz de responsabilidades MAR (RACI)
MONITOREO Y CONTROL	*Matriz de planificación *Plan de ejecución del proyecto PEP *Plan operativo anual POA *Técnicas de valor agregado
CIERRE	Terminados los entregables se cierra el proyecto



Ilustración 1 Metodología general, Fuente elaboración propia

Resultados y Discusión.

Descripción de la comunidad de Dolores, Epitacio Huerta, Michoacán.

La localidad de Los Dolores está situada en el Municipio de Epitacio Huerta (en el Estado de Michoacán de Ocampo). Hay 1,282 habitantes, por detallar son 644 mujeres y 638 hombres, el 17% son personas mayores de 60 años mientras que el 77% son personas mayores de 12 años de edad. (INEGI, Censo de población , 2020)

En la ilustración 3 se puede apreciar una vista de la ubicación de la localidad en el mapa.

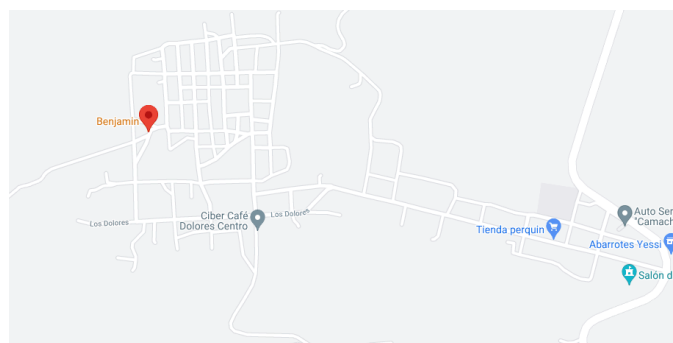
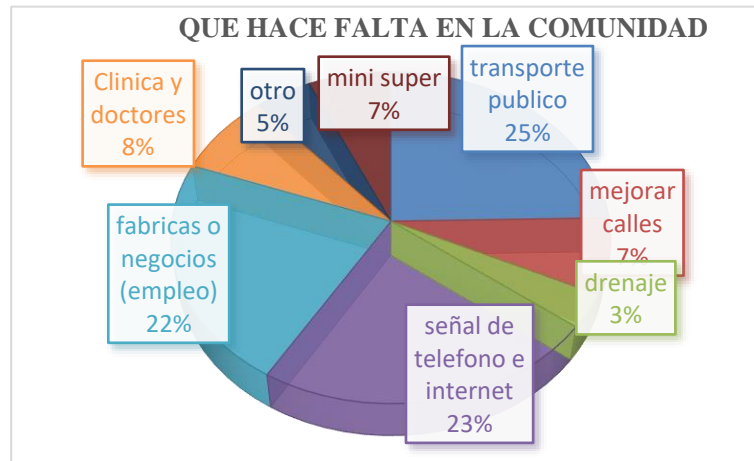


Ilustración 2 Mapa de la localidad de Dolores

Algunas cifras de importancia anuncian que solo el 45% de la población mayor de 12 años se encuentra laboralmente activa y el 28% de esta misma población se encuentra ocupada. El 47% de las viviendas particulares habitadas cuenta con medio de transporte como automóvil, camioneta, o motocicleta y únicamente el 10%

de las viviendas particulares habitadas cuenta con servicio de internet y por último su grado promedio de estudios es de 6.6%. (INEGI, Censo de población , 2020) Se realizó un estudio de campo en la comunidad con una muestra de 150 personas, donde se encontró que las principales necesidades que aquejan a la comunidad son el desempleo, señal de internet y transporte público, se puede ver los resultados de esta investigación en la gráfica 1.



Gráfica 1 Necesidades de la comunidad de Dolores

Una de las principales limitantes para el desarrollo social y económico es la delincuencia que se vive no solo en la comunidad sino en el municipio y municipios vecinos. También se encontró que las inversiones en agricultura como el cultivo de maíz y fresa pueden ser una alternativa para mejorar la economía, sin embargo, no dejando atrás la necesidad de que estas actividades sean lo menos dañinas al medio ambiente.

Las necesidades prioritarias para la comunidad es el transporte público con 25%, servicio de internet 23% y negocios o empleos con 22%, para efectos de generar las alternativas de desarrollo social se tomaron en cuenta las necesidades de generar oportunidades de empleos y el mejoramiento del servicio de internet, debido a que la necesidad de satisfacer el transporte público sería un proyecto más alineado a metas por cumplir por el gobierno del municipio.

Por lo anterior se elaboró dos alternativas de modelos de negocios para presentar como propuestas para la mejora del desarrollo socioeconómico de la comunidad de Dolores.

Alternativa 1

Esta primera alternativa aborda la idea de implementar un modelo de negocios que nos permita proveer de una red de internet satelital de 5 a 20 megas de velocidad para la localidad de Dolores con un costo accesible para los habitantes. Además, de ofrecer servicios de mantenimiento a equipos de cómputo, servicios generales en el área de papelería y asesorías escolares para nivel básico a universidad.

La propuesta de valor radica en la accesibilidad en costo, la estabilidad y la velocidad de la red de internet además de la generación de área gratis wifi en el establecimiento para el apoyo a estudiantes de escasos recursos, por otra parte, se podrían generar empleos directos e indirectos para la construcción y levantamiento de la red, así como apoyo en la liberación de prácticas para alumnos de nivel preparatoria y universidad.

Este proyecto está dirigido a clientes privados como son los hogares de la comunidad, así como para dependencias del gobierno y locales comerciales. Teniendo como principales beneficiarios a los estudiantes de la comunidad ofreciendo servicios de wifi gratis con buena calidad.

Alternativa 2

Se plantea como idea de negocios la implementación de un taller para el procesado de merma de fresa de los invernaderos del municipio, ya que estos están creciendo su demanda dentro del mismo, la idea es aprovechar las mermas que les quedan para realizar productos secundarios de esta materia prima como pueden ser, mermeladas, pulpas, dulces típicos, yogurts, saborizantes y colorantes además de productos no alimenticios como jabón, shampo y cremas corporales.

El objetivo con esta alternativa de negocios es incrementar la empleabilidad en la localidad, beneficiando el incremento de la fuerza laboral femenina, dado que los índices de desocupación mostraron un aumento en relación a los últimos cuatrimestres del año 2020 y 2021 para el estado de Michoacán, además se considera que el propicio de la participación de la mujer en la actividad económica es pieza fundamental para el crecimiento de la economía del país.

Se busca también lograr un crecimiento en el área turístico comercial, aprovechando la popularidad de los invernaderos de fresa que se encuentran a pie de carretera, siendo esta vialidad la única que conecta con el estado de Querétaro y Guanajuato.

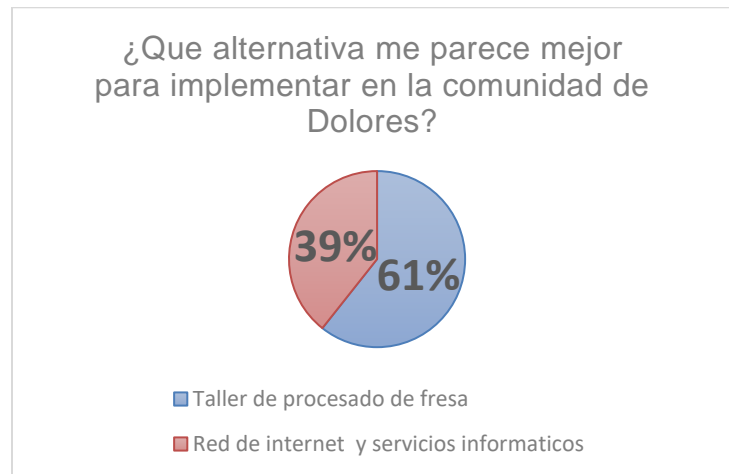
Como propuesta de valor tenemos el aprovechamiento de merma de estos invernaderos por lo que se reducirá el alimento desperdiciado y por otro lado los productos derivados se elaboraran con el objetivo de ser reducidos en azúcares conservando un sabor agradable al paladar, para así contribuir a la salud de los consumidores. De igual manera los procesos se llevarían a cabo semi artesanal para colaborar en la reducción de contaminación del medio ambiente en la localidad.

Conclusiones.

Se realizó un sondeo para encontrar los beneficios que cada una de las propuestas ofrece a la comunidad, para esto se tomó la opinión a 150 habitantes de la población mediante la aplicación de una encuesta, y una entrevista a la persona encargada de uno de los diferentes invernaderos de fresa privados en la localidad. Además, de

correlacionar las cualidades y habilidades de la comunidad descubiertas en la primera etapa de diagnóstico con las necesidades y recursos requeridos para llevar a cabo cada uno de los distintos proyectos de emprendimiento social.

En la gráfica 2 podemos observar el resultado de la encuesta realizada a los 150 habitantes de la comunidad de Dolores, encuestando a 70 hombres y 80 mujeres con edades entre los 18 y 60 años, así como con escolaridades desde primaria a licenciatura. El resultado obtenido fue de una ventaja del 11% más a favor de la implementación del taller de procesado de fresa.



Gráfica 2 Votación de alternativas

Dado el resultado anterior se prosigue la investigación en su etapa 3, donde se desarrollara el modelo de negocio seleccionado mediante la metodología PM4R “Project management for Results”, para de esta manera presentar el plan y diseño del modelo de emprendimiento social a la comunidad de Dolores.

Agradecimientos.

A mi asesor, el Maestro en Ciencias Amauri Torres Balcázar por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento. De igual manera a mi director de tesis en el instituto tecnológico de Cuautla el maestro Omar Oswaldo Torres Fernández por su valiosa aportación al presente trabajo.

A la doctora Armida Gonzales Lorence por su guía en este camino.

Al doctor Francisco Rodríguez Valadez, investigador del CIDETEQ, por su asesoría externa.

Agradezco también al Instituto Tecnológico de Cuautla y al instituto Tecnológico de San Juan del Río por la oportunidad cursar el programa de posgrado en Ingeniería Administrativa.

Referencias

- INEGI. (2020). *Censo de población*. INEGI.
INEGI. (2021). *RESULTADOS DE LA ENCUESTA NACIONAL DE OCUPACIÓN Y EMPLEO. NUEVA EDICIÓN (ENOEN)*. (2021). MICHOACAN DE OCAMPO: INEGI.

INFOBAE. (04 de 01 de 2021). *El desempleo en México cayó a 4.2% en septiembre: INEGI*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/10/25/el-desempleo-en-mexico-cayo-a-42-en-septiembre-inegi/>
Mondelo, E. &. (2019). *Guía Metodológica PM4R* . Instituto Interamericano para el Desarrollo Económico y Social (INDES).

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

INDICADORES DE IMPACTO EN LOS PROCESOS A NIVEL OPERATIVO COMO MEDIDA DE CONTROL EN LA EMPRESA MARY CECY

C. S. Méndez-González, M. G. Uribe-González, R. Muñoz-Mendoza y E. Muñoz Mendoza.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván; Carretera Cardel-Chachalacas S/n Km. 4.5, C.P. 91667, Úrsulo Galván, Ver. carolina.mg@ugalvan.tecnm.mx, L19884121@ugalvan.tecnm.mx, L19884019@ugalvan.tecnm.mx, L22885379@ugalvan.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE).

Resumen: En el proceso a nivel operativo los indicadores permiten medir el cumplimiento de los objetivos al establecer el uso de herramientas en la realización de actividades de cada área o departamento, fomentando así la estandarización en los resultados obtenidos como parte de una medida de control. Que busca asegurar la calidad en sus funciones.

Por lo tanto, analizar la magnitud del impacto de la etapa de control como alternativa en un proceso de mejora continua, permite generar estrategias en función del aseguramiento de la calidad al utilizar herramientas que propicien analizar y/o contextualizar los factores internos y externos, que favorezcan o perjudiquen a la empresa donde se trabajara. Lo cual ayudará que sea tomado como punto de referencia para la aplicación de estándares, y aseguramiento de un correcto funcionamiento.

De tal manera que al analizar las causas y efectos que implica una incorrecta ejecución de los planes de acción de una empresa, esto con relación a lo programado dentro la planeación y lo obtenido, es que se pretenda realizar una búsqueda de correcciones tomando en consideración los tipos de mantenimientos y supervisiones que se realizaron una vez detectada la falla. Por tal motivo hacer una correcta toma de decisión en la ejecución de actividades es importante, ya que permite generar un trabajo de manera óptimo, obteniendo mayor efectividad y eficacia en el desarrollo de acciones dentro de cada uno de los puestos tomando en consideración lo planteado en la etapa de planeación y contrastado con la etapa de control.

Palabras clave: Indicadores, Nivel Operativo, Medidas de Control, Calidad.

ABSTRACT:

In the process at the operational level, the indicators make it possible to measure the fulfillment of the objectives by establishing the use of tools in carrying out activities in each area or department, thus promoting the standardization of the results obtained as part of a control measure. That seeks to ensure quality in its functions.

Therefore, Analyzing the magnitude of the impact of the control stage as an alternative in a process of continuous improvement, allows generating strategies based on quality assurance by using tools that encourage analyzing and/or contextualizing internal and external factors, which favor or harm the company where you work. Which will help to be taken as a reference point for the application of standards, and ensuring proper functioning.

In such a way that when analyzing the causes and effects that an incorrect execution of the action plans of a company implies, this in relation to what was programmed within the planning and what was obtained, is that it is intended to carry out a search for corrections taking into account the types of maintenance and supervision that were carried out once the failure was detected. For this reason, making a correct decision in the execution of activities is important, since it allows to generate a job in an optimal way, obtaining greater effectiveness and efficiency in the development of activities within each of the positions, taking into account what is stated in the planning stage and contrasted with the control stage.

Key words: Indicators, Operational Level, Control Measures, Quality.

Introducción.

El (INEGI) señala que el 33% de empresas muere en su primer año por falta de ingresos y poca claridad en los objetivos, generando un tiempo máximo de 7.5 años de vida en los negocios de México, por lo tanto, en todas las organizaciones o empresas es necesario tener muy en claro los indicadores de control, ya que son la base fundamental del desarrollo de la organización. Dichos indicadores a nivel operativo miden logros y objetivos, posibles desviaciones al realizar actividades en cada área, utilizando herramientas cualitativas o cuantitativas que reflejan indicios o muestras de una circunstancia fomentando estandarización en los resultados obtenidos, analizando el impacto de la etapa de control como alternativa de un proceso de mejora continua generando estrategias en función de la calidad. (INEGI, 2019)

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Indicadores

(Social, 2013), Señala que un indicador es una herramienta cuantitativa o cualitativa que muestra indicios o señales de una situación, actividad o resultado; relacionada con una única información. Que tiene por objetivo que la información relacionada con el indicador sea única.

Tipos de indicadores

- De Gestión Corporativa: Indicadores que permiten evaluar el desempeño total o global de la empresa. Entre los cuales podemos mencionar: La rentabilidad organizacional, el índice de crecimiento organizacional, la participación en el mercado la satisfacción de los clientes.
- De Gestión Por Unidad estratégica De Negocio: Evalúan el desempeño de las unidades estratégicas de negocios de las organizaciones; Rentabilidad, satisfacción de los clientes.
- De Gestión De Unidades Funcionales: Son diseñados para medir y evaluar el desempeño de las áreas funcionales de la organización.
- De Eficiencia: Son los indicadores para evaluar la optimización de los recursos en un determinado período de tiempo por parte de la organización.
- De Eficacia: Evalúan el grado de cumplimiento o el logro de los objetivos organizacionales.
- De Efectividad: Evalúan el impacto en los indicadores de cada actividad.
- De Competencia: Son los indicadores que evalúan la capacidad de la organización para mantenerse en el mercado.

Componente de los indicadores

- Nombre
- Objetivo - Fórmula
- Unidad de Medición - Frecuencia de Medición

- Período de tiempo en que se mide
- Responsable de la medición
- Forma de registro
- Fuente de la Información

Control-Etapa

La función de control es la medición y corrección del desempeño para garantizar que los objetivos de la empresa y los planes diseñados para alcanzarlos se logren. (Harold Koontz, 2012) menciona que el proceso de control básico, en cualquier lugar y para lo que sea que se controle, incluye tres pasos:

1. Establecer estándares.
2. Medir el desempeño contra estos estándares.
3. Corregir las variaciones de los estándares y planes.

El control efectivo requiere de la atención a aquellos factores decisivos para evaluar el desempeño en relación con los planes.

Resultados y Discusión.

Para la recolección de la información se obtendrá por medio de la encuesta directa al personal que labora dentro de la empresa y se desempeña estrechamente con el área a tratar. Una vez que se identifica la persona que se facilitadora de la información se formularon las siguientes preguntas, las cuales los resultados se muestran adjuntamente;

1.- ¿Identifica cuáles son las áreas funcionales del restaurante Mary Cecy?

- ✓ Cocina
- ✓ Caja
- ✓ Almacén
- ✓ Servicio al cliente
- ✓ Compras
- ✓ Ventas

2.- ¿Cuáles son las áreas de mayor importancia que permiten identificar los indicadores de mayor impacto?

- ✓ Cocina
- ✓ servicio al cliente
- ✓ ventas

3.- Con las áreas identificadas ¿Cuál sería la valoración de las áreas a tratar?

- ✓ **Cocina**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada importante			Poco importante			Importante		Muy importante	

✓ **Servicio al cliente**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada importante			Poco importante			Importante		Muy importante	

✓ **Ventas**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada importante			Poco importante			Importante		Muy importante	

Figura 1.- Elementos del Indicador dentro del área de Cocina

4.- ¿Cuáles son los indicadores en el área de cocina que impactan como medida de control en el procedimiento?

- ✓ Variedad de la materia prima
- ✓ Tiempo de almacenaje de los alimentos
- ✓ Preparación de los alimentos

5.- Dentro de los indicadores establecidos ¿Cuáles son los elementos que conforman y/o complementan el proceso de control dentro del área de cocina?

Tabla 1. Elementos del Indicador dentro del área de cocina

Indicadores	Variedad de la materia prima	Tiempo de almacenaje de los alimentos	Preparación de los platillos
Elementos del indicador	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad • Cantidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha de entrada • Fecha de salida • Temperatura de congelación (si requiere) no • Tiempo de congelación • Tiempo de vida de anaquel 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de descongelación • Tiempo de elaboración • Ingredientes • Costo de los ingredientes • Tiempo de cocción • Tiempo de emplatado/entrega del producto

Conclusiones.

Los indicadores son un aspecto muy importante para las organizaciones ya que son un medio de control que permiten verificar el grado de efectividad con el cual se está desarrollando cada actividad.

En el caso de la empresa “Restaurante Mary Cecy” se identificó que cuenta con indicadores que influyen en el logro de sus objetivos. Estos se encuentran principalmente en el área de cocina, atención al cliente y ventas.

Sin embargo, el área que presenta un mayor impacto es la cocina, ya que para que un cliente se encuentre satisfecho tanto en la compra del producto como en el servicio que recibe, se deben considerar diversos aspectos como: el tiempo de elaboración de cada platillo, la calidad de los insumos, la presentación del platillo y el sabor, que de alguna manera permea en la opinión, aceptación y satisfacción de este mismo, dicho sea de paso, generando así que de ellos dependa de que las ventas incrementen o exista un declive.

Por lo tanto, la búsqueda de una mejora continua es primordial. No obstante, el autor (Marcos, 2003) menciona que, Dentro del contexto de un sistema de gestión de la calidad, el ciclo de Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) es un ciclo que está en pleno movimiento. Que se puede desarrollar en cada uno de los procesos y que está estrechamente ligado a la planificación, implementación, control y mejora, tanto para los productos como para los procesos del sistema de gestión de la calidad.

Referencias

- Harold Koontz, H. W. (2012). *Administración una perspectiva global y empresarial*. Mexico DF: McGRAW-HILL. Obtenido de chromeextension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://frh.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/22766/mod_resource/content/1/Administracion_una_perspectiva_global_y_empresarial_Koontz.pdf
- Marcos, U. N. (2003). En M. García P, C. Quispe A., & L. Ráez G., *Mejora continua de la calidad en los procesos* (Vol. 6, págs. 89-94). Lima, Peru: Industrial Data. Obtenido de: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/5992>
- Social, C. N. (2013). Manual para el Diseño y la Construcción de Indicadores. Instrumentos principales para el monitoreo de programas sociales de México. Mexico DF. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.coneval.org.mx/Informes/Coordinacion/Publicaciones%20oficiales/MANUAL_PARA_EL_DISENO_Y_CONSTRUCCION_DE_INDICADORES.pdf

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DE LAS BIBLIOTECAS A LOS REPOSITORIOS DIGITALES BASADOS EN LA EXPERIENCIA DEL USUARIO

V. M. Ayala-Lara¹, M. L. Acosta-Miranda¹, L. Ángeles-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla s/n, Col. Juan Morales, Yecapixtla Morelos, México- victor.ayala@cuautla.tecnm.mx, monica.acosta@cuautla.tecnm.mx, leonor.angeles@cuautla.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: La necesidad del hombre por preservar y difundir los saberes y la cultura es remota, ya que desde la era prehistórica el hombre trabajó en diversas formas de transmitir los conocimientos adquiridos y su cultura. Con la invención de la imprenta esta labor se facilita y se da inicio a la apertura de espacios para la conservación y consulta de libros y diversos materiales. Posteriormente, con apoyo de la tecnología, surgen las primeras bibliotecas digitales y los repositorios. El proyecto llevado a cabo consistió en el diseño y desarrollo de un Repositorio Digital Institucional basado en la Metodología centrada en el usuario, con el objetivo de generar una herramienta atractiva y funcional que facilite su uso, al mismo tiempo que permita difundir la producción académica elaborada por la comunidad del Tecnológico Nacional de México Campus Cuautla. Se busca reunir y difundir la producción académica institucional en un espacio abierto que proporcione mayor visibilidad e impacto con acceso permanente a la información en diversidad de formatos. De igual manera todos aquellos que requieran consultar la información tendrán fácil acceso a ella, disminuyendo así la brecha de acceso al conocimiento como base para nuevas investigaciones.

Introducción.

Desde que el hombre existe ha creado conocimiento, pero también se ha preocupado por preservarlo y comunicarlo a los demás con la intención de crear conciencia histórica y compartirlo para que sirva como base a nuevos conocimientos que han transformado a la humanidad. Prueba de esto son las pinturas rupestres encontradas en diversos lugares del mundo y en donde se pueden apreciar los primeros vestigios de lo que los investigadores han considerado tipos de escritura, La invención de la imprenta en el siglo XV, por Johann Gutenberg (National Geographic, 2023) facilitó el difundir y conservar el saber universal a través de las obras creadas por el ser humano, iniciando con la Biblia. Por lo anterior se puede decir que la historia de la biblioteca va de la mano con la historia de la escritura y del libro.

Esta necesidad de concentrar, resguardar y difundir la información generada, dio origen, en primer lugar, a colecciones privadas de libros y documentos que posteriormente se trasladaron a las bibliotecas. Hoy en día, con apoyo de la tecnología ha sido posible realizar las funciones clave de las bibliotecas de manera digital lo que permite almacenar un mayor número de volúmenes, así como darlo a conocer a un mayor número de personas, traspasando fronteras y en una ruta verde de acceso a la información.

Con el objetivo principal de facilitar el acceso a la información en el Tecnológico Nacional de México Campus Cuautla, se trabajó en el diseño y desarrollo del Repositorio Digital Institucional, fundamentado en la metodología de experiencia del

usuario, que permite desarrollar una herramienta acorde a las necesidades, conocimientos y preferencias de quienes harán uso de ella.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La etimología del término biblioteca proviene del griego *βιβλιοθήκη* *biblion* = libro y *theke* = caja o armario, lo que se puede entender como “lugar para guardar los libros” (AECL, 2019). A su vez, la Real Academia Española (RAE, 2023), la define como “*Institución cuya finalidad consiste en la adquisición, conservación, estudio y exposición de libros y documentos*”. Según la American Library Association (ALA, 2023) la biblioteca es una “*Colección de material de información organizada para que pueda acceder a ella un grupo de usuarios*”. De estos conceptos se desprenden, como elementos clave: colección, organización y uso; aunque en la biblioteconomía moderna se hace un principal hincapié en el uso y, en consecuencia, en los usuarios, ya que tanto la colección como la organización tienen su razón de ser con dependencia de las necesidades de los usuarios.

En 1931, el matemático y bibliotecario indio Shiyali Ramamrita Ranganathan propuso las cinco leyes de la biblioteconomía moderna, que se convirtieron en un referente ético y metodológico para las bibliotecas a nivel mundial (Frabetti, 2019): 1) Los libros son para leerse. 2) A cada lector su libro. 3) A cada libro su lector. 4) Se debe ahorrar tiempo al lector. 5) Las bibliotecas son organismos en crecimiento. Para Ranganathan las bibliotecas tenían que ser las casas de los lectores y no de los libros y el riesgo que enfrentan es que no se lean los libros, por lo que es necesario facilitar el encuentro entre los lectores y los libros.

En México, este proceso de conservación de la información inició en la época prehispánica por medio de los códices que se preservaban en espacios sagrados denominados *amoxcalli* (casas de libros). Los códices mayas y nahuas estaban hechos de tiras de papel obtenidas del árbol del amate, mientras que los olmecas y zapotecas escribían sobre monumentos o bloques de piedra. Los primeros libros impresos llegan a México con los misioneros religiosos en la época de la conquista. Con el propósito de evangelizar se establecen colegios en donde se educaba a los indígenas con base en la lectura (Ramírez & Pimentel, 2021).

En nuestro país se funda la primera biblioteca de América, la de la Catedral, en 1534 y es importante mencionar que México fue el primer país en contar con una imprenta (1539) y una Universidad, la Real y Pontificia Universidad (1551-1553). Si bien las bibliotecas eran privilegio de los españoles también sirvieron para transmitir la cultura europea. En el siglo XIX, siglo de luchas por el poder, los liberales consideraban a las bibliotecas un instrumento de progreso y cultura proyectándose la fundación de la Biblioteca Nacional. Posterior a la revolución de 1910, dirigiendo la Secretaría de Educación José Vasconcelos, se hace un esfuerzo por combatir el analfabetismo estableciendo más de 2,500 bibliotecas en el país. Buscando una organización moderna de las bibliotecas, se establece la escuela de Bibliotecología en 1945 con la finalidad de profesionalizar a los bibliotecarios (Rodríguez, 2016).

Las primeras colecciones en las bibliotecas se limitaban a libros manuscritos en un inicio y posteriormente impresos. Más adelante se incorporaron publicaciones periódicas, elementos gráficos, material cartográfico, audiovisuales, música impresa, microfichas, etc. Con apoyo en los avances tecnológicos se incorporaron, en soportes físicos, los ficheros electrónicos y, hoy en día, gracias a Internet, las bibliotecas se pueden albergar en servidores remotos, dando origen a la biblioteca digital o repositorios digitales como plataformas de divulgación tecnológicas para ofrecer el conocimiento en acceso abierto por medio de la gestión digital de la información.

Al igual que las bibliotecas, el objetivo de los repositorios es el almacenamiento de contenidos digitales, para lo cual requieren de conectividad (interfaces entre repositorios y otras plataformas digitales) y acceso (a través de un portal para la ingesta, consulta, visualización y descarga de recursos digitales). Permiten la adhesión, difusión y vinculación de los documentos digitales académicos al reunirlos y combinarlos en una estructura estandarizada, para facilitar su consulta, poniéndolos a disposición de la comunidad institucional y del público en general, por medio del acceso abierto en internet, fortaleciendo la colaboración institucional a nivel nacional e internacional para incrementar la difusión y dispersión de los recursos académicos digitales de la institución (DGRU, 2022).

Daryel Hernández Vázquez (CUBAHORA, 2022) menciona que el hecho de contar con diversas plataformas tecnológicas de información con el propósito de aumentar la solidez y enmarañamiento de este nuevo ambiente digital donde se persigue el incremento, la mejora, la asimilación y el acceso desde un ambiente sostenible, ha desarrollado dos áreas específicas que reflejan el escenario concreto de una biblioteca:

1. Las Bibliotecas Digitales que surgieron por el incremento en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Como parte de su estructura y servicios que ofertan, resultan similares en cuanto a sus funciones a las bibliotecas tradicionales, ya que estos sistemas proporcionan a los usuarios un espacio para la colaboración, siendo el diálogo un componente fundamental. Complementan sus servicios con el uso de multimedia y otro tipo de herramientas como la videoconferencia.
2. Las Bibliotecas virtuales, sistemas cuyo principal atractivo proviene del recorrido que el usuario realiza entre las representaciones de locaciones e inmuebles de una biblioteca tradicional, desarrolladas a través de la realidad virtual reflejada en una interfaz que simula a la institución. Este amigable entorno hace posible que el usuario encuentre en ella conocimiento de gran valor, de acuerdo con sus demandas y necesidades específicas. El acceso a la información reproducida suele ser sutil, permitiendo al usuario llegar a ella sin dificultad, siendo esto parte de la funcionalidad del sistema.

Actualmente un buen número de instituciones educativas, sobre todo las de nivel superior, cuentan con un repositorio digital y, al igual que en el caso de las bibliotecas, estos han evolucionado con apoyo de la tecnología presentado los siguientes beneficios (figura 1).

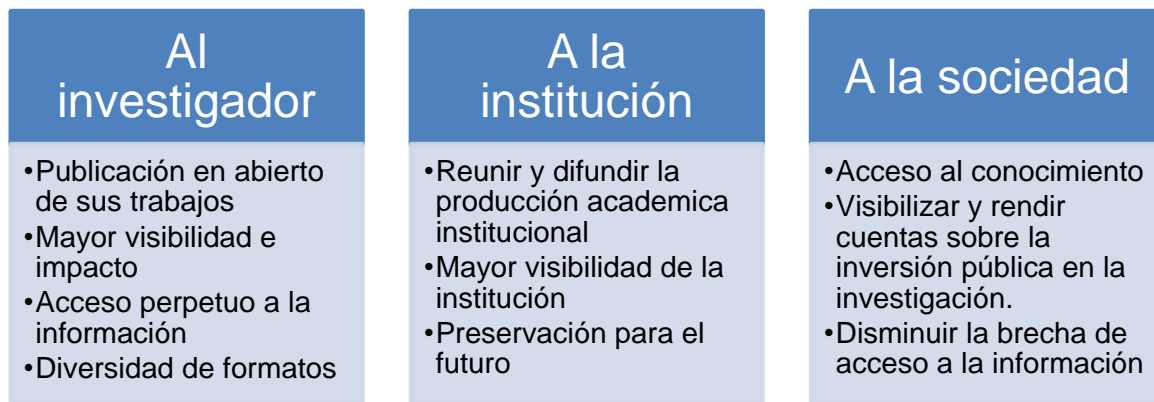


Figura 1.- Beneficios de los repositorios. Elaboración propia con información de Vázquez (2017)

Los repositorios digitales son bibliotecas apoyadas en la tecnología considerando que, actualmente, el uso masivo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) permiten una mayor capacidad en los procesos de gestión facilitando la manera de organizar las actividades. De esta forma, la tecnología se convierte en una herramienta que permite competir eficazmente, contar con información relevante y disponible en cualquier lugar o momento en que sea necesaria.

Por lo anterior se diseñó y desarrolló el Repositorio Digital Institucional en el TecNM Campus Cuautla, implementado con el uso de las herramientas para el desarrollo web más actuales, procurando que su interfaz resulte amigable e intuitiva para los usuarios y sin conflictos al momento de utilizar las funciones de dicho repositorio. Para esto se utilizó la metodología centrada en el usuario, *User-Centered Design* (UCD), que permite su construcción con ayuda y retroalimentación de los usuarios finales del producto en todas sus etapas, con la finalidad de conocer sus necesidades, tratando de resolverlas y buscando obtener la mejor experiencia de uso del producto digital

Resultados y Discusión.

Este proyecto abarcó desde la investigación, el desarrollo y la instalación de un Repositorio Digital Institucional en el TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla. Esto incluye el proceso de diseño del producto digital a partir de la investigación de usuarios, desarrollo de la arquitectura de información con validaciones de *card sorting*, creación de *Wireframes*, pruebas de usabilidad para validar interfaces, creación de *Mockups* gracias a los *Wireframes* anteriormente construidos y validados, hasta llegar al prototipado de los *Mockups*.

Para la investigación preliminar se realizó, un *BenchMarking* en Figma, de Repositorios Digitales Institucionales de Universidades e instituciones como el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), el Instituto Tecnológico de Colima, y la Universidad Torcuato Di Tella. El objetivo de este *BenchMarking* fue conocer las características de implementación de sus repositorios, sus funcionalidades y las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Se destacó en cuatro de estas instituciones de nivel superior se utilizó DSpace y en las otras dos la implementación fue propia.

Por otra parte, y considerando que en la actualidad el desarrollo de sistemas se apoya en metodologías ágiles que involucran en todo momento al cliente a diferencia de las metodologías tradicionales que sólo lo tomaban en cuenta al inicio del proyecto. Sin embargo, para la satisfacción total del cliente, fue necesario su involucramiento antes, durante y después del proyecto.

Para efectos de este proyecto se utilizó la metodología SCRUM, metodología ágil que aporta al proceso de desarrollo la Satisfacción del cliente como su gran diferenciador, convirtiéndolo en parte del equipo de trabajo y comprometiéndolo con el resultado final (Rodríguez & Dorado, 2015). Involucrar al cliente en el proceso de desarrollo ayuda a solventar riesgos. El cliente, junto con el equipo de desarrollo, define qué se hace y cuándo se hace, puede realizar revisiones tempranas de los desarrollos y una revisión general del proceso, con el fin de aportar, mejorar la sinergia del equipo y contar con un producto acorde a lo esperado.

Para este proyecto la figura del cliente fue asumida por la población estudiantil de segundo a noveno semestre de los seis programas educativos de licenciatura (Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Gestión Empresarial y Contador Público) y los estudiantes de posgrado (Maestría en Ingeniería Administrativa), de primero a sexto semestre, inscritos en el periodo enero – junio 2021. Se incluyó también a la planta docente, tiempo completo y docentes de asignatura, con un total, en el mismo periodo, de 51 docentes, de los cuales 9 de ellos forman parte del Consejo de Posgrado además de impartir clase en los programas de licenciatura. La muestra, calculada para el método cuantitativo finito, arrojó un total de 102 instrumentos por aplicar.

El instrumento se trabajó mediante un formulario de Google y consistió de 24 preguntas de opción múltiple, agrupadas en tres aspectos fundamentales: Conocimiento del usuario, detectar problemas visuales o de otra índole y su conocimiento en el uso de plataformas y dispositivos. Se distribuyó por medio de los correos electrónicos institucionales a docentes y estudiantes y, con base en sus respuestas se procedió a la creación de proto-personas, los arquetipos de los usuarios basados en los conocimientos básicos que se tienen o en la abstracción que se proporciona a los perfiles. Los perfiles que se abstraieron para este proyecto son: estudiante de licenciatura, estudiante de posgrado y docente.

La información obtenida permitió trabajar bajo el esquema de “diseño centrado en el usuario” (UCD), proceso iterativo de diseño, centrado en las necesidades, problemáticas, metas y expectativas que sobre el producto tengan los usuarios, lo que permitió generar un producto con un diseño agradable y, a la vez, funcional (Interaction Design Foundation, 2021). La etapa siguiente fue la de desarrollo, iniciando con el modelado de datos que permitió determinar la cantidad de tablas para la base de datos, al igual que los campos de cada una de las tablas para el adecuado funcionamiento del sistema. Paso siguiente fue trabajar con el *BackEnd* o códigos ocultos que permiten que la aplicación funcione correctamente considerando en su estructura y organización la experiencia de usuario. Este

proceso incluye elementos y recursos como la seguridad, privacidad y procesamiento de la información que alimenta a un *frontend*.

Finalmente se trabajó en el *FrontEnd*, desde su estructura hasta los estilos, definición de colores, texturas, tipografías, secciones, etc.; ya que su uso es determinante para proporcionar una buena experiencia al usuario dentro del sitio. En ocasiones podemos encontrar productos digitales muy populares, sin una interfaz atractiva, pero que cuentan con una buena experiencia de usuario lo que que sean tan consumidos. Por esa razón se buscó ofrecer tanto una Interfaz de Usuario" (*user interface*) (UI) como una experiencia de usuario (UX) muy bien construidas.

Para su construcción se utilizaron heurísticas de usabilidad y patrones de UI que siguen leyes de UX, buscando que las interfaces no solo sean amigables, si no que tengan el sentido para el que fueron creadas y resulten fáciles de recordar por el usuario. De igual manera se realizó un Sistema de Diseño (*Design System*) y una Guía de estilos (*Style Guides*) con los que se trabajó en la implementación de los diseños en DSpace para la creación del *Back-End* (lógica y solución), su almacenamiento en un servidor Debian, con una adecuada configuración de almacenamiento, correo electrónico institucional y su adecuado enlace con el *FrontEnd*.

Para la creación del *Front End* (interfaz) del Repositorio Digital en ambiente Web se trabajó con tecnologías web emergentes, lo que permitirá al usuario interactuar con el sistema de manera eficiente y eficaz en la carga de materiales y su correspondiente consulta, lo que se logró implementando el diseño del interfaz basado en las experiencias de usuario (UX). El resultado se muestra en la figura 2.



Figura 2.- Página de inicio del R.D.I. Elaboración propia

Conclusiones.

Para la construcción del Repositorio Digital del TecNM/Campus Cautla, fue necesario buscar, recopilar, extraer y considerar los aspectos más importantes como algunos de los mencionados de diversos investigadores y teóricos, información que orientó en el buen desarrollo de la plataforma digital para la gestión y divulgación de la producción académica, de investigación tecnológica y científica

elaborada en el TecNM Campus Cuautla. El repositorio permitirá almacenar y difundir trabajos de investigación como tesis, artículos, videos, audios, reportes técnicos de proyectos, etc.; realizados por estudiantes, académicos e investigadores de la institución con el objetivo de democratizar el conocimiento en una ruta verde de comunicación.

Agradecimientos.

El equipo de trabajo agradece a las autoridades del Tecnológico Nacional de México y en lo particular al Instituto Tecnológico de Cuautla por las facilidades otorgadas para la realización y puesta en marcha de este proyecto.

Referencias

- AECL. (2019). *Historia de la biblioteca*. Recuperado el marzo de 2023, de Asociación Española de Comprensión Lectora: <https://comprensionlectora.es/index.php/2013-11-27-16-50-54/2013-11-27-17-15-39/historia>
- ALA. (2023). *American Library Association*. Recuperado el marzo de 2023, de <https://www.ala.org/news/mediapresscenter/factsheets/aboutalaspansh>
- Fastag, E. (14 de noviembre de 2014). *Historia de las bibliotecas en México... un tema olvidado*. (CDI, Ed.) Recuperado el marzo de 2023, de Centro Deportivo Israelita, A.C.: Historia de las Bibliotecas en México... un tema olvidado | Centro Deportivo Israelita, A.C. (cdi.org.mx)
- Frabetti, C. (2019). *La visión biblioteconómica del mundo (II): las cinco leyes de Ranganathan*. Recuperado el marzo de 2023, de Jot Down Magazine: <https://www.jotdown.es/2019/11/la-vision-biblioteconomica-del-mundo-ii-las-cinco-leyes-de-ranganathan/>
- Interaction Design Foundation. (noviembre9 de 2021). *Diseño de experiencia de usuario (UX)*. Obtenido de <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ux-design>
- National Geographic. (3 de febrero de 2023). *Gutenberg, el padre de la imprenta moderna*. Recuperado el marzo de 2023, de Historia: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/gutenberg-el-padre-de-la-imprenta-moderna_7079
- RAE. (2023). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/biblioteca>
- Ramirez, E., & Pimentel, B. (30 de noviembre de 2021). Lectura en México: Un histórico viaje por los caminos de los lectores, el libro y las bibliotecas. (C. Commons, Ed.) *Revista Panamericana de Comunicación*, 3(2), 11-21. doi:<https://doi.org/10.21555/rp.vi2.2432>
- Rodríguez, C., & Dorado, R. (2015). ¿Por qué implementar Scrum? *ONTARE*, 125-144.
- Rodríguez, L. (26 de junio de 2016). *Historia de las Bibliotecas en México*. Recuperado el marzo de 2023, de El Siglo de Torreón: Torreón Coahuila México Teléfono +52 (871) 759 1200
- Vazquez T., R. (2017). *Diseño, implementación y sostenibilidad de los Repositorios Institucionales*. Obtenido de Seminario entre pares.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DIGITAL: UNA ESTRATEGIA INSTITUCIONAL PARA GESTIONAR LA CALIDAD EDUCATIVA EN UTSEM.

J. Casimiro¹, J. A. Espinosa-Martínez¹, I. Andrade-Aguado¹, J. L. Arroyo-Anica¹

¹ Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos, Carretera Puente de Ixtla – Mazatepec, Km. 2.35, Col.24 de febrero, Puente de Ixtla, Morelos, México- javiercasimiro@utsem-morelos.edu.mx, joseespinoza@utsem-morelos.edu.mx, irmaandrade@utsem-morelos.edu.mx, josearroyo@utsem-morelos.edu.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: La mejora continua así como la innovación forman parte primordial de la Universidad Tecnológica del Sur de Estado de Morelos (UTSEM), por ello el llevar a cabo de proyectos que ayuden en la mejora de los procesos, está estrechamente relacionado con el Programa educativo de Tecnologías de la Información (TI), la cual de entre los múltiples proyectos que ha desarrollado, se encuentra el Sistema de Gestión de Calidad Digital (SGCD), que fue desarrollado basado en la necesidad del área de Control de Información del Sistema de Gestión de Calidad (SGC), que de manera muy funcional coadyuvar en el mejoramiento del proceso de almacenamiento, seguridad, recepción y difusión de Información documentada.

Introducción.

1. Norma 9001-2015

De acuerdo con ISO, entidad encargada de elaborar publicara normas, la familia de las ISO 9000 son las relacionadas con la implementación y operación de SGC eficaces, las normas de esta familia son:

La Norma ISO 9000 que especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad.

La Norma ISO 9001 que especifica los requisitos aplicables para los sistemas de gestión de la calidad.

La Norma ISO 9004 que proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad.

La Norma ISO 19011 que proporciona orientación referente a las auditorías de sistemas de gestión de la calidad y de gestión ambiental. (ISO, (2015)

“Todas estas normas juntas forman un conjunto coherente de normas de sistemas de gestión de la calidad que facilitan la mutua comprensión en el comercio nacional e internacional.” (ISO, (2015)

Fundamento Teórico.

2. Innovación Estratégica del Proceso

Es un compromiso de la Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos (UTSEM), buscar la verificación e identificación de fortalezas, debilidades,

oportunidades y amenazas, de acuerdo a los requisitos de la NMX-CC-9001-IMNC-2015 / ISO 9001:2015. Al obtener la certificación bajo esta norma, favorece a la institución en términos de gestión de la calidad, ya que confirma que el SGC, incluyendo sus procesos, capital humano, infraestructura y recursos, se mantienen documentados e implementados de forma eficaz, cumpliendo con requisitos normativos y reglamentarios aplicables. Determinando de acuerdo con los criterios de auditoría establecidos por el organismo certificador, un nivel de madurez 4 (Adecuado y eficaz), de acuerdo con la tabla de Nivel de madurez de un Sistema de Gestión.

El estar certificados bajo los requisitos de la norma, responde a un compromiso de mejora continua de acuerdo con su contexto y de las necesidades de su cliente (estudiante), de esta manera se obliga a adaptarse e innovar con respecto a sus procesos.

De esta manera y de acuerdo con el Manual de Oslo, que menciona diferentes grados de innovación y diversos tipos, el referente a Innovación de procesos “que consiste en la introducción de un método producción o de distribución nueva o significativamente mejorada. Incluye mejoras significativas en técnicas o equipo”. (Oslo, (2017)

La UTSEM en busca de esta mejora, se obliga a adaptarse innovar en quehacer cotidiano, por lo cual, mediante la implementación de proyectos realizados por sus estudiantes, mejora los métodos y técnicas de trabajo en equipo.

3. Norma 9001-2015 aplicado a la UTSEM

Por esta razón con el objetivo de innovar el flujo del proceso del área de Control de Información, en cuanto al resguardo y seguridad de la información como formatos, procedimientos e instructivos del SGC, se decidió con el apoyo del programa educativo de TI, crear un Sistema de Gestión de Calidad Digital (SGCD) que ayude en la operatividad de este proceso.

El sistema a desarrollar es de tipo independiente con un diseño modular, para facilitar la gestión de actividades desde los diferentes perfiles. Está enfocado en cubrir los requerimientos del departamento de Control de Información del SGC de la UTSEM.

El sistema se encarga de realizar las funciones de publicación de los formatos de procedimientos, pueden ser visualizados y descargados por los diferentes perfiles del sistema. Para ingresar es necesario iniciar sesión, es administrado desde el usuario administrador (controlador de la información). Dependiendo del perfil de jerarquía como jefe académico o administrativo, se manejan diferentes actividades como visualizar y descargar los formatos de procedimientos disponibles, con sus versiones, también podrán visualizar los formatos obsoletos o que recientemente pasaron al historial de versiones. Los diferentes perfiles pueden realizar comentarios en cada formato para colaborar con la retroalimentación de los formatos, solicitar cambios, realizar filtros en la información; esto con la finalidad de

cumplir lo establecido en los requisitos 7.5.2 Creación y Actualización, 7.5.3 Control de Información documentada, 7.5.3.1 y 7.5.3.2, de la guía de referencia de la UTSEM, referente a la NMX-CC-9001-IMNC-2015 / ISO 9001:2015.

4. Proyectos integradores en la UTSEM - TI

Los proyectos integradores, son aquellos que integran los aprendizajes que el alumno obtiene hasta el cuatrimestre en el que se lleva esta materia, que dentro de la UTSEM es en los cuatrimestres 3, 5 y 10. Esto con la finalidad de explotar al máximo los conocimientos de nuestros alumnos y que aprendan organización en equipo, así como en tiempos, porque se cuenta con tan solo cuatro meses, para el desarrollo de este. Los proyectos de TI están enfocados en desarrollo de sistemas, aplicaciones web, de realidad virtual o aumentada, diseño digital y prensa, etc. Este sistema fue desarrollado por alumnos del 10° cuatrimestre.

5. Proyectos integradores en el Gobierno Digital

Según la Secretaría de la Función Pública el concepto de Gobierno Electrónico Digital incluye todas aquellas actividades basadas en las modernas tecnologías informáticas, en particular Internet, que el Estado desarrolla para aumentar la eficiencia de la gestión pública, mejorar los servicios ofrecidos a los ciudadanos y proveer a las acciones de gobierno de un marco mucho más transparente que el actual (Gobierno Digital).

El principal objetivo del Gobierno Digital es el uso óptimo de los recursos, pues al facilitar el uso de los recursos públicos permite un acceso seguro y reduce costos de operación, esto se refleja en la calidad de los servicios y por tanto aumenta la satisfacción de los usuarios.

Los estudiantes de la UTSEM, a través de sus proyectos integradores, desarrollan sistemas informáticos que permiten a las áreas de la universidad migrar a este Gobierno Digital, haciendo uso de las tecnologías se ha logrado automatizar procesos tales como el seguimiento al SGC, que se encarga de asegurar que los procedimientos se realicen conforme a la normatividad.

6. Sistema de Gestión de la Calidad Digital (SGCD)

La tecnología tiene un papel importante en la implementación y el mantenimiento de Sistemas de Calidad eficaces. Ya que puede ayudar a mejorar los procesos de calidad al proporcionar herramientas para el seguimiento que nos permite medir los resultados. Permite a los profesionales encargados de la calidad identificar problemáticas antes de que se produzcan defectos o desviaciones en los productos terminados. Llegando a ser una herramienta muy útil en la comunicación de los colaboradores al permitirles compartir la información, documentación y recursos de forma segura y rápida. La parte más importante es quizás la de ayudar a cumplir con las necesidades de mejora exigidas mediante el uso de herramientas automatizadas para el control de los procesos.

Es por estas razones que los estudiantes del décimo cuatrimestre de la ingeniería en Entornos Virtuales y Negocios Digitales, desarrollaron un sistema informático que automatiza el proceso de control de documentos controlados del SGC.

Un documento controlado es aquel que se ha aprobado para su uso en una organización, según la política de calidad de la misma. Estos documentos normalmente deben ser publicados y gestionados por el SGC, contienen información de las actividades, procedimientos, estándares y directrices relacionadas con los servicios ofrecidos por la institución, suelen ser revisados y aprobados periódicamente para garantizar que sigan siendo vigentes y cumplan con los estándares de calidad establecidos.

La actividad de actualización de documentos controlados consiste en realizar la gestión de documentación asociada a las actividades que se llevan a cabo en la UTSEM, los usuarios registran solicitudes de cambio, reciben autorización de los cambios solicitados y visualizan documentación, el usuario administrador gestiona, valida y publica la documentación autorizada.

El sistema fue desarrollado con la siguiente tecnología:

- PHP, HTML, CSS (estilos), Javascript, Bootstrap, DataTables (plugin) y Ajax, para el desarrollo.
- Base de Datos MySQL a través de phpMyAdmin.
- El Software que se utilizó para crear el diseño del logo del SGC fue Illustrator CC 2019.
- Para desarrollar el código web se utilizó Sublime Text 3.

De acuerdo a la UNAM PHP: “Es una herramienta que permite desarrollar software o programas para computadora. Los lenguajes de programación son empleados para diseñar e implementar programas encargados de definir y administrar el comportamiento de los dispositivos físicos y lógicos de una computadora. Lo anterior se logra mediante la creación e implementación de algoritmos de precisión que se utilizan como una forma de comunicación humana con la computadora.” (Ceballos, (2004)

Las siglas CSS (Cascading Style Sheets) “significan «Hojas de estilo en cascada» y parten de un concepto simple pero muy potente: aplicar estilos (colores, formas, márgenes, etc...) a uno o varios documentos (generalmente documentos HTML, páginas webs) de forma automática y masiva.” (Dev, (2020)

El sistema de administración de bases de datos SQL de código abierto más popular, es desarrollado, distribuido y respaldado por Oracle Corporation. Es el lenguaje estandarizado más común utilizado para acceder a las bases de datos. (My SQL, 2023)

Según su entorno de programación, puede ingresar SQL directamente (por ejemplo, para generar informes), incrustar declaraciones de SQL en código escrito en otro idioma o usar una API específica del idioma que oculta la sintaxis de SQL. (My SQL, 2023)

Illustrator, se trata del programa de diseño ideal para crear piezas de arte digital incluido en Adobe Systems. También, viene a ser uno de los pioneros en el diseño vectorial. Principalmente, porque su plataforma cuenta con diferentes herramientas para elaborar distintas piezas gráficas en una mesa de trabajo. Es decir, están destinadas a ser utilizadas para una impresión, vídeos, publicaciones en redes sociales, portafolio, entre otros (Figueroa, 2019).

Sublime Text 3 es un editor de código muy rápido y sofisticado que nos permitirá ejecutar tareas de forma muy rápida y sencilla. (Clemente.net, 2023)

Soporte muchos lenguajes de programación y dispone de un sistema de instalación de paquetes adiciones que amplían sus características de forma ilimitada (Clemente.net, 2023).

Por cuanto, a los requerimientos funcionales del sistema, los estudiantes sostuvieron reuniones para definirlos con base en las necesidades del departamento de gestión de calidad de la UTSEM, posteriormente se realizaron revisiones constantes, hasta que el sistema cumplió las expectativas del departamento. En estos momentos el sistema se encuentra en la fase de pruebas, a cargo del departamento correspondiente.

7. Presentación del SGCD

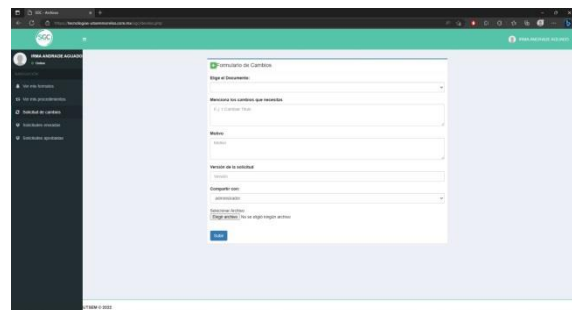
En el proceso de la actualización de documentos controlados existen tres etapas básicas:

1. **Solicitud de cambio.**- El responsable del procedimiento solicita al controlador de documentos un cambio.
2. **Revisión y autorización del cambio.**- El controlador de documentos recibe la solicitud, revisa y su caso autoriza el cambio.
3. **Publicación del cambio.**- El controlador de documentos publica el procedimiento actualizado para que todos los usuarios del SGC puedan consultarlo.

Estas tres etapas se pueden realizar a través del sistema, cada uno de los usuarios cuentan con un acceso (Img1).



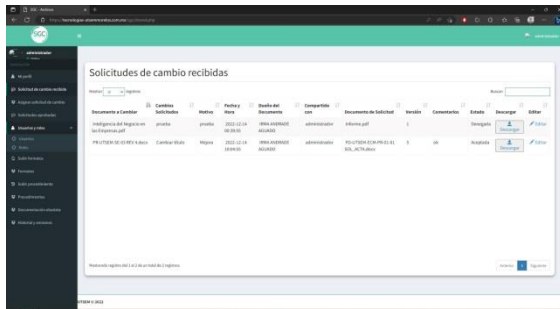
Img1. Inicio de sesión



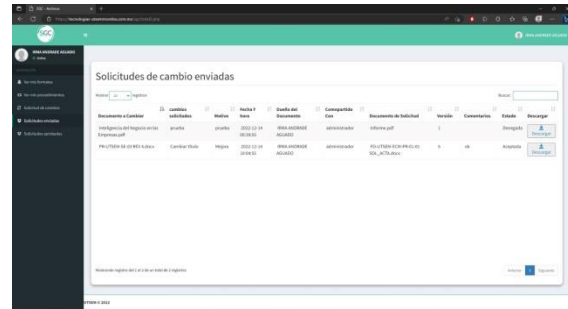
Img2. Solicitud de cambio

Para el usuario responsable de un procedimiento, el sistema le permite realizar una solicitud de cambio a su procedimiento, especificando el tipo de cambio y la

justificación del mismo, debe acompañar la solicitud del formato correspondiente, así como de la versión anterior y actual del procedimiento (Img2).



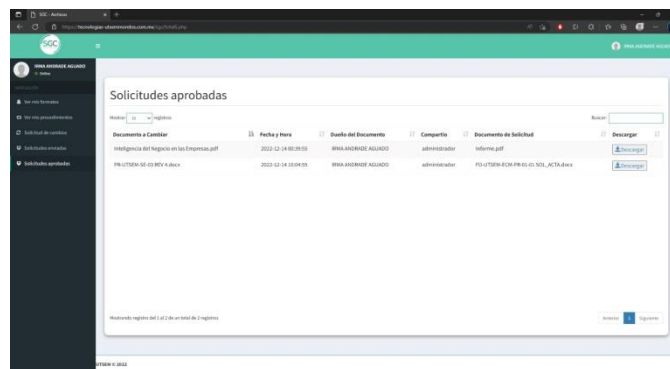
Img3. Inicio de sesión



Img4. Solicitud de cambio

Para consultar las solicitudes que ha realizado debe consultar la lista de solicitudes realizadas y elegir la que sea de su interés, dentro del apartado formatos, aparece la lista de los documentos subidos y la fecha en la que se realizó la carga del mismo. Para consultar el documento necesita descargarlo (Img3).

El usuario del controlador de documentos puede consultar todas las solicitudes que se han registrado, revisar cuáles de ellas proceden y si fuera el caso autorizarlas, a las solicitudes que no se proceden se puede capturar un mensaje sobre las observaciones al mismo (Img4).



Img5. Inicio de sesión

En funciones dentro del sistema como administrador, se puede ver las solicitudes de cambios recibidas, asignar una solicitud de cambio a un usuario y aprobar las solicitudes de cambio que envían los usuarios. Existe la parte de roles y usuarios, para controlar el acceso y funciones dentro del sistema. La carga de formatos, procedimientos y el historial de los archivos, así como un repositorio de los mismos con un histórico (Img5).

Resultados y Discusión.

El SGCD permite automatizar y controlar la actualización de los procedimientos asociados al SGC, con esto se garantiza que los usuarios tengan disponibles

siempre los documentos vigentes, para consulta o referencia, la realización de este sistema impacta positivamente al proporcionar una herramienta más eficiente para identificar y corregir errores de manera digital, almacenar y analizar la información permitiendo reducir los tiempos del proceso.

Conclusiones.

El SGCD mejora la organización de los documentos, proporciona un almacenamiento seguro para un acceso fácil, facilita la colaboración eficiente de los usuarios del sistema al crear y compartir documentos, principalmente mejora el control de la calidad pues ayuda al gestor de los documentos a identificar y controlar la información.

Agradecimientos.

Se agradece la colaboración del Ing. José Arturo Espinosa Martínez, quien como responsable del área de control de la información del SGC, quien fungió como asesor industrial en este proceso.

Agradecemos también a los alumnos Yosima Aileen Abarca Cruz y José Manuel Godines Bustos, la colaboración en el desarrollo de este sistema, el cuál fue realizado durante el curso de la materia integradora, a cargo de la Mtra. Irma Andrade Aguado, quién guío y asesoró a los alumnos durante el desarrollo del mismo. Reconocemos la labor de transferencia de conocimiento durante el desarrollo del proyecto en cuanto a los requerimientos técnicos de diseño y documentación del sistema.

Referencias

- Gobierno Digital o Electrónico | Secretaría de la Función Pública | Gobierno gob.mx. (2013, Diciembre) *Gobierno de México* <https://www.gob.mx/sfp/documentos/gobierno-digital-o-electronico>.
- Ceballos, F. J. (2004). *Enciclopedia del lenguaje C*.
- Dev, M. (Febrero de 2020). *¿Qué es CSS?* Obtenido de *Lenguaje CSS*: <https://lenguajecss.com/css/introduccion/que-es-css/>
- ISO. (2005). *ISO 9000:2005(es) Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*. <https://www.iso.org/obp/ui/es/>
- Microsoft. (2007). *Access SQL: conceptos básicos, vocabulario y sintaxis*: <https://support.microsoft.com/es-es/office/access-sql-conceptos-b%C3%A1sicos-vocabulario-y-sintaxis-444d0303-cde1-424e-9a74-e8dc3e460671>
- PHP (2001). *¿Qué es PHP?* <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>
- Manual de Oslo (2017). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, 3a ed. <http://www.itq.edu.mx/convocatorias/manualdeoslo.pdf>
- Clemente.net, I. S. (2023). *MANUAIS*. https://manuais.iessanclemente.net/index.php/Tutorial_sobre_editor_Sublime_Text_3#Editor_Sublime_Text_3_.28ST3.29
- Figuroa, B. (2019). *Mott*. <https://mott.pe/noticias/que-es-adobe-illustrator-y-sus-caracteristicas-2019/>
- My SQL, O. (2023). *MySQL*. <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/introduction.html>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN EN LINEA EN ESTUDIANTES DE NIVEL SUPERIOR.

R.J. Castro-Lara¹, L. Melgarejo-Galindo¹, V.E. Higareda-Arano¹, A.J. Salas Lara¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Carretera Cardel-Chachalacas Km. 4.5, Úrsulo Galván, Veracruz.- rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx, laida.mg@ugalvan.tecnm.mx, victor.ha@ugalvan.tecnm.mx, angeles.sl@ugalvan.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: Derivado de la pandemia Covid-19, mejor conocida como Coronavirus, la cual inicio en el mes de marzo del año 2020 en el país, se enfrentaron retos para las instituciones educativas, las cuales permitieron continuar con los procesos de Enseñanza- Aprendizaje en todos sus niveles, para esta investigación nos compete hacer referencia a lo desarrollado en el nivel superior, como los estudiantes se comprometieron a continuar con sus estudios, a pesar de las adversidades que se presentaron a lo largo de estos dos años, de igual manera como la institución implementó estrategias para continuar con el proceso de enseñanza educativa en línea. Para la investigación se utilizará la técnica de encuesta, para la que se diseñará un instrumento de medición que será el cuestionario integrado por 13 preguntas de tipo escala de Likert, el cual se dirigirá a estudiantes adscritos al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván en su modalidad mixta.

Introducción.

La educación en línea es una opción de continuar con el proceso de enseñanza – aprendizaje, y se encuentra en constante actualización y crecimiento en los últimos años. Esta modalidad de educación permite a los estudiantes acceder a contenidos educativos y participar en actividades de aprendizaje a través de plataformas en línea. En muchas ocasiones con costos menores y/o gratuitos.

El aula ya sea presencial o virtual es una comunidad donde se le permite a los estudiantes desarrollar determinadas competencias así mismo conviven día a día y participan de un mismo evento educativo, que es interpretado desde cada realidad de una forma diferente. En un país en el que, aunque se ha alcanzado la universalidad educativa en el nivel primaria en educación presencial, menos de la mitad de la población tiene acceso a las tecnologías y la otra mitad está en situación de pobreza, es difícil imaginar que el recurso tecnológico sea una solución total. Apenas 44.3% de los hogares cuenta con computadora, 56.4% cuenta con conexión a Internet y 10.7% acceden a Internet fuera de su hogar (INEGI, 2020).

Hasta hace algunos años, imaginar que la educación sería totalmente en línea, es decir de manera no presencial, era poco creíble, prácticamente imposible. Hoy debido a los avances tecnológicos y principalmente a la Pandemia Covid-19, hemos experimentado un cambio radical en la educación en todos sus niveles. Sin embargo, aún existen la duda si la educación en línea ofrece los mismos recursos para desarrollar las competencias que requiere un estudiante de nivel superior.

En el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, la educación a distancia ha sido implementada desde el año 2008, donde los estudiantes a través de una plataforma educativa virtual, mantienen el reforzamiento de sus actividades, y los docentes le dan el seguimiento correspondiente para complementar las asesorías los días sábados, derivado de la pandemia Covid-19, ya no era permitido estar en espacios cerrados, y las instituciones educativas por instrucciones de Seguridad e Higiene y de la Secretaría de Educación Pública, permanecieron cerradas por lo menos dos años, donde paulatinamente después de este tiempo se fue permitiendo el acceso a las instalaciones con la sana distancia (1.5mts) y el uso correcto de cubrebocas en espacios cerrados, es así como se implementa la educación en línea totalmente a través de una plataforma educativa gratuita que permite la carga de actividades y recursos que complementen la asignatura de cada una de las carreras que se ofertan, así mismo el recurso digital de las videoconferencias fue el principal para mantener esa cercanía con los estudiantes y permitir el desarrollo del proceso educativo.

La presente investigación busca identificar si la implementación de recursos digitales son aptos para continuar con el proceso enseñanza aprendizaje, así mismo la plataforma digital que permeo en el avance de este proceso, descubriendo si proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos y competencias que se requieren en cada asignatura, concluyendo con los gastos que se han identificado por el cambio radical en la implementación de esta educación totalmente en línea, tomando en cuenta las opiniones de los estudiantes de nivel superior, quienes estaban acostumbrados a otra dinámica de trabajo en lo que se refiere a la enseñanza – aprendizaje, con los resultados obtenidos se pretende dar propuestas de mejora para que se sigan aprovechando todas las herramientas necesarias, y así cumplir con los objetivos, que enmarca la educación, los cuales nos llevan a desarrollar las competencias de los estudiantes para insertarse en el ámbito laboral, puesto que, es la última estancia para continuar con este paso tan importante en su vida profesional.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La investigación deriva del proyecto institucional “Evaluación de la educación en línea, en el nivel superior” En la presente investigación se tiene como objetivo general : “Identificar sí la implementación de recursos digitales es apto para continuar con el proceso enseñanza aprendizaje”., así mismo como objetivos particulares, conocer la plataforma digital para la educación en línea en el nivel superior, mencionar el recurso virtual para la educación en línea en el nivel superior. Para lo cual se plantea la pregunta de Investigación, ¿Consideras que los recursos digitales son aptos para continuar el proceso de enseñanza aprendizaje?, la cual ayudará a responder los planteamientos realizados en la presente investigación, estableciendo la hipótesis: “La implementación de recursos digitales son aptos para continuar con el proceso enseñanza aprendizaje”.

La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que busca, “identificar si los recursos digitales implementados son aptos para continuar con el proceso de enseñanza aprendizaje”, en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván; Es transversal porque se toma una sola muestra. Álvarez y Delgado (2015) afirma que el estudio transversal también es conocido como encuesta de frecuencia o estudio de prevalencia. Por ello se define el uso de este estudio al realizarse en un tiempo determinado y en una población específico.

Para la investigación se utilizará la técnica de encuesta, para la que se diseñará un instrumento de medición que será el cuestionario integrado por 13 preguntas de tipo escala de Likert, el cual se dirigirá a estudiantes adscritos al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván en la modalidad mixta, lo cual permitirá conocer cómo se desarrolla la educación totalmente en línea. Una vez revisado y validado el instrumento se aplicó en el periodo de agosto 2021 – febrero 2022 mediante formularios Google que permitieron alcanzar la muestra establecida, teniendo una población de 441 estudiantes, determinando un tamaño de muestra 222 estudiantes, con un nivel de confianza del 95% y margen de error de 4.60%.

Resultados y Discusión.

Con la presente investigación se logra identificar si los recursos digitales son una buena implementación para continuar con el proceso de enseñanza aprendizaje en los estudiantes de la educación en línea, así mismo conocer los recursos virtuales y las plataformas mayormente utilizadas por los docentes para mantener el contacto con los estudiantes. Esto nos permite cumplir con los objetivos planteados en la investigación y mostrar los resultados siguientes:

Se cuestionó a los estudiantes de la modalidad mixta ¿Cuál fue el recurso mayormente utilizado por el docente para mantener una comunicación activa? Para lo cual ellos respondieron con un 97% las videoconferencias fueron las mayormente utilizadas por los docentes para poder tener una sesión síncrona y continuar con las clases, solo un 3% utilizó el WhatsApp como medio de comunicación en sus clases.

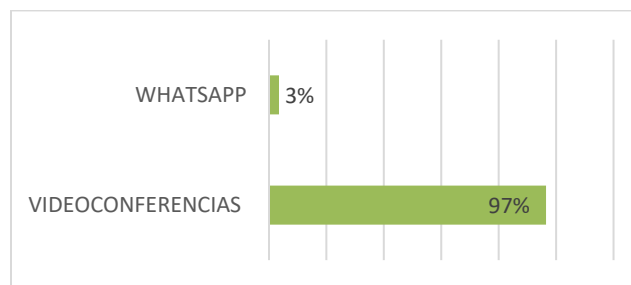


Figura 1. Recurso virtual de apoyo en línea

Continuando con la simetría de la investigación se les solicito responder ¿Cuál es la plataforma mayormente utilizada por el docente para continuar con las asesorías de manera remota? y así mismo la proporción de los recursos que utilizarían para

desarrollar las actividades enfocadas a la implementación de competencias por asignatura, El 74.5% respondió que el docente mantenía contacto a través de Zoom plataforma que tuvo muy buena respuesta en los momentos de pandemia pues ofrecía 45 minutos gratuitos para la sesión y un máximo de 100 personas conectadas simultáneamente, desde un dispositivo o laptop, el 21.4% utilizó Teams, otra plataforma educativa que repuntó con su uso cuando el TecNM la implementó como apoyo a las clases en línea ofreciendo cursos de capacitación a docentes y estudiantes para su uso eficiente, tan solo el 4.1% utiliza Meet, plataforma de videollamadas anclada a los servicios de Google.

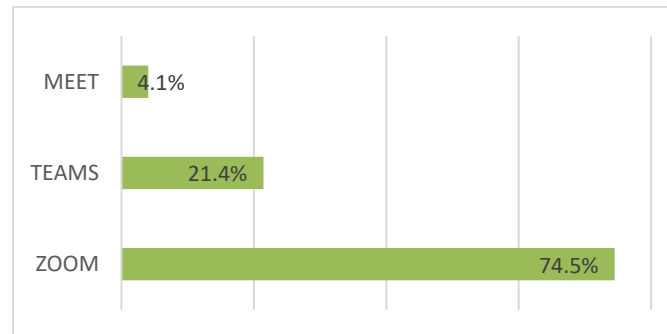


Figura 2. Plataforma mayormente utilizada por el docente

Se puede observar en la figura 3, referente al planteamiento ¿La educación en línea te proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos de tus materias? A lo que respondieron con un 48.7% en el rango “de acuerdo”, acompañado de un 32.4% donde los encuestados se mostraron neutrales en la interrogación, así mismo un porcentaje menor correspondiente al 18.9% que respondieron “en desacuerdo”; obteniendo un resultado favorable respecto a esta prerrogativa que se tenía, referente a los conocimientos que se adquieren en la educación en línea. Comprobando con ello que la educación en línea es una opción para continuar con tus estudios, pues proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos de las asignaturas.

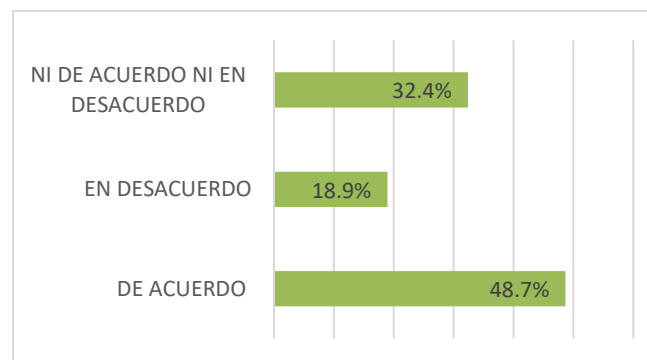


Figura 3. Herramientas necesarias para la educación

En la figura 4, se cuestiona sobre el objetivo principal de la investigación el cual es: “identificar si la implementación de recursos digitales son aptos para continuar con

el proceso enseñanza aprendizaje” para lo cual nos ayuda de mucho este cuestionamiento, ¿Son aptos los recursos digitales para continuar con el proceso de enseñanza aprendizaje? Los resultados dicen que el 75.2% de los estudiantes menciona que, sí son aptos la implementación de estos recursos digitales para continuar con su proceso de enseñanza aprendizaje, acompañado del 24.8% respondieron que no.

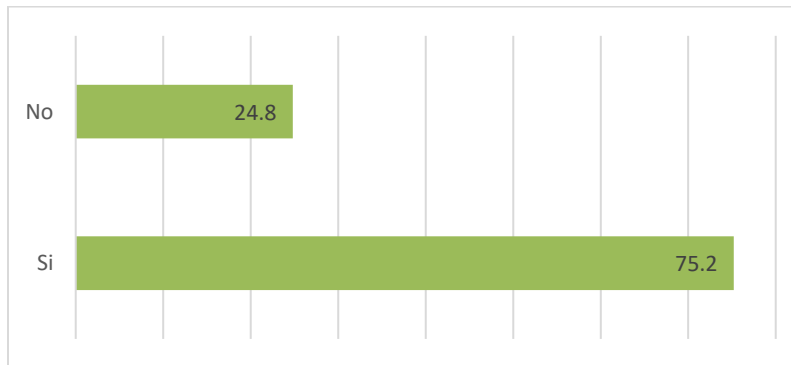


Figura 4. Recursos digitales aptos para continuar el proceso enseñanza-aprendizaje

Al cuestionamiento de los gastos fijos en la educación en línea, para lo cual nos ayuda de mucho este cuestionamiento, en donde los estudiantes con un 52.3% mencionan que no presentan un incremento sus gastos fijos para llevar a cabo la educación en línea en casa, y continuar con sus estudios, acompañado de un 36.4% donde nos responden que están de acuerdo que sus gastos fijos si se incrementan con la educación en casa, y con un porcentaje menor los que se mantienen neutrales a el cuestionamiento correspondiente a un 11.4% como se observa en la figura 5.

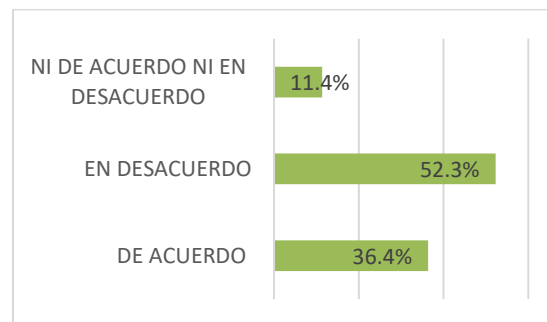


Figura 5. Gastos fijos

Se muestra en la figura 6, que los encuestados con un porcentaje mayor correspondiente al 42.1% tienen preferencia por la educación en línea, acompañado de un 32.7% la educación presencial y un 25.2% con la educación mixta, comprobando así que la educación en línea es de mayor preferencia para los estudiantes de la modalidad mixta, pues responden que no incrementa sus gastos fijos, y contiene las herramientas necesarias para desarrollar las competencias que se requieren en cada asignatura o plan de estudios.

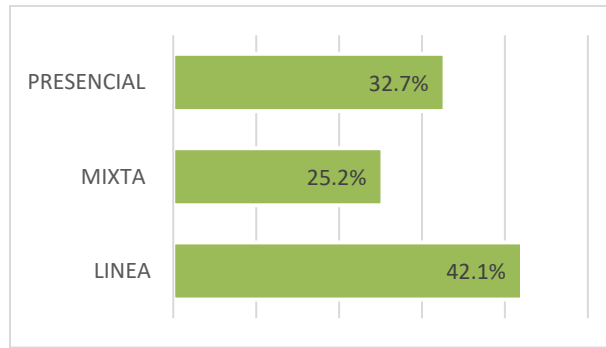


Figura 6. Modalidad de preferencia

De acuerdo con los resultados establecidos se concuerda con Lizarazo y Andión (2013), que las transformaciones tecnológicas no son sólo cuestiones técnicas; éstos surgen en un sistema de relaciones, costumbres y conocimientos, se articulan en redes complejas que van conformando entornos, esto permite que el aprendizaje significativo en el estudiante a través del proceso enseñanza-aprendizaje, sea eficiente, tal como lo demostró con los resultados de esta investigación.

Finalmente retomando lo indicado por INEGI (2020), donde menciona que apenas 44.3% de los hogares cuenta con computadora, 56.4% cuenta con conexión a Internet y 10.7% acceden a Internet fuera de su hogar, se puede concluir que a pesar de las estadísticas referentes a, el acceso a cuestiones tecnológicas muchos de los estudiantes de nivel medio superior, lograron obtener los conocimientos y competencias requeridas para desarrollar su potencial en las asignaturas correspondientes, en el lapso que la educación se tornó totalmente en línea, permitiendo así un cambio en la manera de enseñar pero no de transmitir y desarrollar el conocimiento en ellos.

Conclusiones.

Se puede concluir que derivado a la investigación, se cumplen con los objetivos general y particulares, así mismo se aprueba la hipótesis, "La implementación de recursos digitales son aptos para continuar con el proceso enseñanza aprendizaje". Con esto se puede mencionar que la educación en línea es una herramienta que nos puede ayudar a continuar con nuestros estudios, de no ser posible continuar con la modalidad escolarizada.

Los docentes y estudiantes fueron entes importantes en el desarrollo de la educación en línea y en casa para poder fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje aún con una pandemia registrada en el país, esto nos impulsa a mejorar como actores principales de este proceso y seguir en la capacitación y actualización constante en recursos digitales para mejorar el proceso educativo. Se comprueba que, a pesar de sufrir este cambio sin aviso previo, los docentes y estudiantes son capaces de afrontar estas adversidades, reconociendo la ardua labor por parte de ambos para el desarrollo significativo.

La educación en línea ofrece varias ventajas, como la flexibilidad en cuanto al tiempo y al lugar de estudio, la posibilidad de adaptar el ritmo de aprendizaje a las necesidades individuales de cada estudiante, y la disponibilidad de una amplia variedad de recursos y herramientas en línea. Además, la educación en línea puede resultar en una reducción de costos en términos de transporte y alojamiento.

Sin embargo, la educación en línea también presenta algunos desafíos, como la necesidad de una buena conexión a internet y de una buena disciplina y organización personal para estabilizar al día con el trabajo y las actividades.

Agradecimientos.

Al Tecnológico Nacional de México/ campus Úrsulo Galván, el apoyo de la Dirección y Subdirección Académica, así mismo a la colaboración con el cuerpo académico ITURG-CA-4 Gestión e Innovación en las Organizaciones, el cual permitió la aplicación del instrumento y el acceso a su plataforma educativa digital, y colaborando con la realización de las encuestas por parte de los docentes y los estudiantes adscritos al campus.

Referencias.

- Álvarez, G., y Delgado, J. (2015). Diseño de Estudios Epidemiológicos. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). Tecnologías de la información y comunicaciones TIC's en hogares. <https://www.inegi.org.mx/temas/ticshogares/>
- Lizarazo, D., y Andión, M. (2013). Símbolos digitales: representaciones de las TIC en la comunidad escolar, México: Universidad Autónoma Metropolitana

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

EMPRENDET, GESTIÓN, ESCALAMIENTO Y PROYECCIÓN DEL ECOSISTEMA EMPRENDEDOR.

N. S. Romero Flores², L. H. Morales del Muro², A. M. Soto Hernandez¹, Z. Aldape Castillo^{1,2}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Juventino Rosas No.114, Col. Los Mangos, Cd Madero, Tamaulipas, México. CP. 89440 –
g22073003@cdmadero.tecnm.mx , ana.sh@cdmadero.tecnm.mx

² Grupo Crescent, Calle Almeja #483 Planta Baja, Colonia Arrecifes. Altamira, Tamaulipas, México CP 89603 - nromero@ultramar.com.mx , luis@luismorales.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: En la última década el desarrollo y crecimiento de los emprendimientos se ha visto estancado para poder dar aquellos siguientes pasos en búsqueda de escalar a un siguiente nivel. En la Zona Sur de Tamaulipas se han generado diversos esfuerzos de manera individual buscando nutrir el ecosistema emprendedor, sin embargo, bien dicen que “Camina solo y llegarás rápido, camina acompañado y llegarás más lejos” (proverbio). EmprendeT ha generado una iniciativa donde convergen Académicos, Empresarios y Organizaciones de la Sociedad Civil en búsqueda de un mismo objetivo: Hacer crecer los emprendimientos del Estado.

En el siguiente artículo, encontraremos una cronología de como esta iniciativa ha ido proyectando desde diversos fuertes el ecosistema emprendedor, y hoy en día gestiona de manera estructurada una propuesta donde empresarios y emprendedores caminan de la mano reestructurando La ruta crítica del emprendedor. Retroalimentado con estadísticas recientes de Endeavor México e identificando las principales 7 áreas de oportunidad de acuerdo a los proyectos de impulso y desarrollo económico en la Zona Metropolitana de Tampico, Madero y Altamira, en las cuales por medio de un manual para el emprendedor, contenido digital y consultorías se capacitara a esta comunidad en busca de un modelo replicable.

Introducción.

El gran promedio del alumnado genera un proyecto, una tarea, un ensayo y no ve más allá del deber y la responsabilidad de cumplir con una asignatura. Sin embargo, en tiempos actuales donde la oferta y demanda de egresados vs. Oportunidades laborales nos superan, el cumplir por una calificación ya no es un negociable y menos cuando las expectativas de liderazgo y habilidades blandas juegan un papel clave.

EmprendeT es un proyecto que surge tras la preocupación de dos catedráticos de universidad que han estado inmersos en el emprendimiento desde sus inicios, siendo la segunda generación en sus respectivas familias de giros de negocios totalmente distintos. Y al estar inmersos en los negocios y en la preparación de las futuras generaciones con un panorama en la zona poco favorable para los egresados, a veces es necesario pensar fuera de la caja y proponer nuevas soluciones.

Así la propuesta de EmprendeT inicia un 2019 como un programa de concurso que buscaba abarcar 7 segmentos en la zona sur de Tamaulipas y Zona Norte de Veracruz:

- Mujeres, con la categoría de Mucha Madre
- Jóvenes, con Yo Jalo
- Socios emprendedores, con Dos o más
- Negocios fallidos, con Va de Nuevo
- Adultos de la Tercera Edad, con Ahora o Nunca
- La población con capacidades diferentes y dentro del espectro neurodivergente, con Talentos Especiales
- Y sin dejar a un lado la Responsabilidad Social, con Alto Impacto



Figura 1.- Primera Edición del Programa de Concurso con 7 categorías

Donde por medio de un pitch los participantes exponían sus ideas de negocio, prototipos o incluso sus emprendimientos en busca de un incentivo económico.

Más adelante, con aquellos cambios que implico la pandemia, este proyecto mutó a un formato de contenido digital audiovisual donde se daba seguimiento a emprendedores y empresarios de la zona buscando transmitir de manera coloquial los aprendizajes que se han llevado a lo largo de su trayectoria en cada uno de sus giros.

Poco a poco el proyecto fue llegando a más personas en la zona donde ya no solo eran los participantes sino también los líderes de opinión, los usuarios receptores e incluso emprendedores que solo dieron un vistazo en redes que poco a poco fueron generando una comunidad con nuevas propuestas de valor.

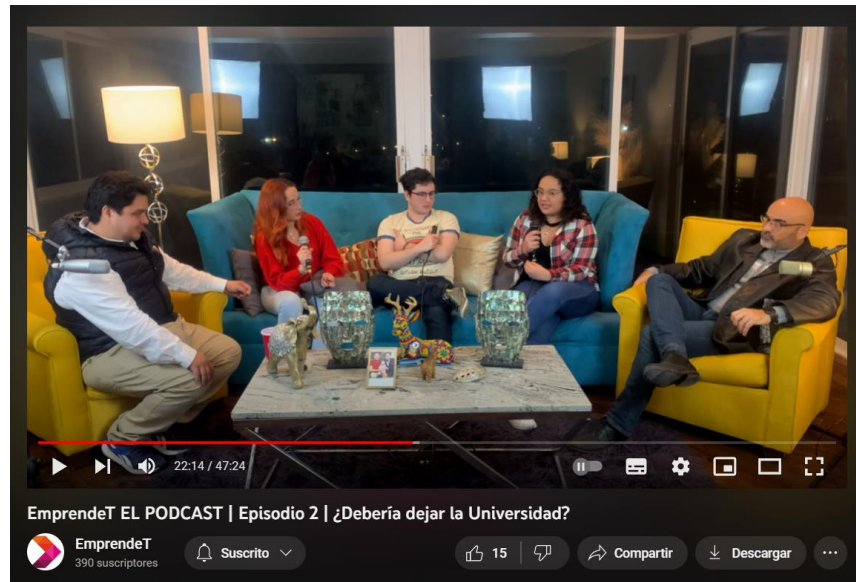


Figura 2.- Formato PODCAST de EmprendeT, post pandemia

En conjunto como objetivo de estudio se busca y propone implementar a este modelo de negocio bajo la metodología de Lean StartUp de Eric Rise, donde -se busca pasar de proyecto a empresa poniendo el foco en las necesidades del cliente-, y a la par el manejo de la metodología de Desing Thinking donde -se busca entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios-. Proporcionando una ruta crítica del emprendimiento para usuarios emprendedores de MIPyMES una preparación y conocimientos acertados para una mejor ejecución en sus negocios.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Existe un común denominador entre todos los proyectos que surgieron para impulsar el ecosistema emprendedor, en su mayoría, estos buscan motivar al usuario y conseguir recursos para impulsar los negocios de MIPyMES. Como emprendedor, la motivación ayuda, pero no es un factor que persista, sin disciplina eventualmente lo demás pierde orden y sentido.

Bajo este enfoque en esta nueva etapa se propone continuar con la metodología inicial, buscando resultados aplicando la metodología “Think Wrong”, en la etapa de planificación estratégica, la cual postula que: -Mediante el punto de inflexión desviándonos del status quo con un camino audaz la estrategia propuesta sobre la mesa - ahora con el fin de educar al emprendedor bajo una ruta crítica que lo prepare en las 7 áreas de oportunidad identificadas en ediciones anteriores;

- Gestión y Estructura del Emprendedor: Donde se abordarán temas de gestión de tiempo, de recursos y no dejando de lado el desarrollo personal del emprendedor, buscando siempre su estabilidad.

- Registro de Marca: Mucho se plantea la importancia de identidad de marca y en qué momento abordarlo, sin embargo la experiencia en consultoría me ha dictado que el ir construyendo desde el momento uno la marca evita reinversiones innecesarias con tu comunidad o mercado meta inmediato.
- Financiamiento y Escalabilidad: Mucho se habla del miedo del emprendedor a los créditos en diversas instituciones y poco se ha educado en la manera adecuada de manejo de finanzas cuando empiezas un negocio.
- Clima y Compromiso con las Partes Interesadas: Desde el modelo canvas, detectar las partes interesadas que se ven involucradas en toda una cadena de gestión y suministro nos permite accionar de manera clara en nuestros emprendimientos.
- El Arte de convencer: sean productos o servicios, mantener la confianza con tus clientes y proveedores, el liderazgo efectivo con tu equipo de trabajo y la gestión correcta de comunicación con tu equipo de ventas y marketing son elementos clave para el flujo y crecimiento de cualquier negocio.
- Responsabilidad Financiera y Gestión Fiscal: Un reto en gran parte de la zona ha sido llevar de la mano a la economía formal a negocios ya establecidos y transmitir el conocimiento de la importancia del factor fiscal es de sumo interés para concretar el ciclo de gestión.
- Responsabilidad Social: Quisimos abordar el tema de responsabilidad social desde el inicio de un emprendimiento, puesto que el comenzar con valores claros en los cimientos de empresa se transmiten no solo a sus colaboradores sino a todo aquel que interactúa de manera directa o indirecta a favor del entorno.

EMPRESAS EN ZONA METROPOLITANA DE TAMPICO

Tabla 1.- Fuente: Endeavor Intelligence, 2022.

Tamaño de la Empresa	Min. Año de fundación	Median Año de fundación	Avg. Año de fundación	Max. Año de fundación
<i>Micro (1 - 10)</i>	1980	2015	2010	2022
<i>Pequeña (11 - 50)</i>	1960	2012	2006	2021
<i>Mediana (51-100)</i>	1988	1995	1994	1997
<i>Grande (101+)</i>	1897	1993	1978	2012

* La productividad del sector está concentrada en un grupo de 20 empresas con más de 10 años de operación que generan el 94% de los empleos.

*La información corresponde a datos recolectados por Endeavor.

**N= 111 empresas en la Zona Metropolitana de Tampico

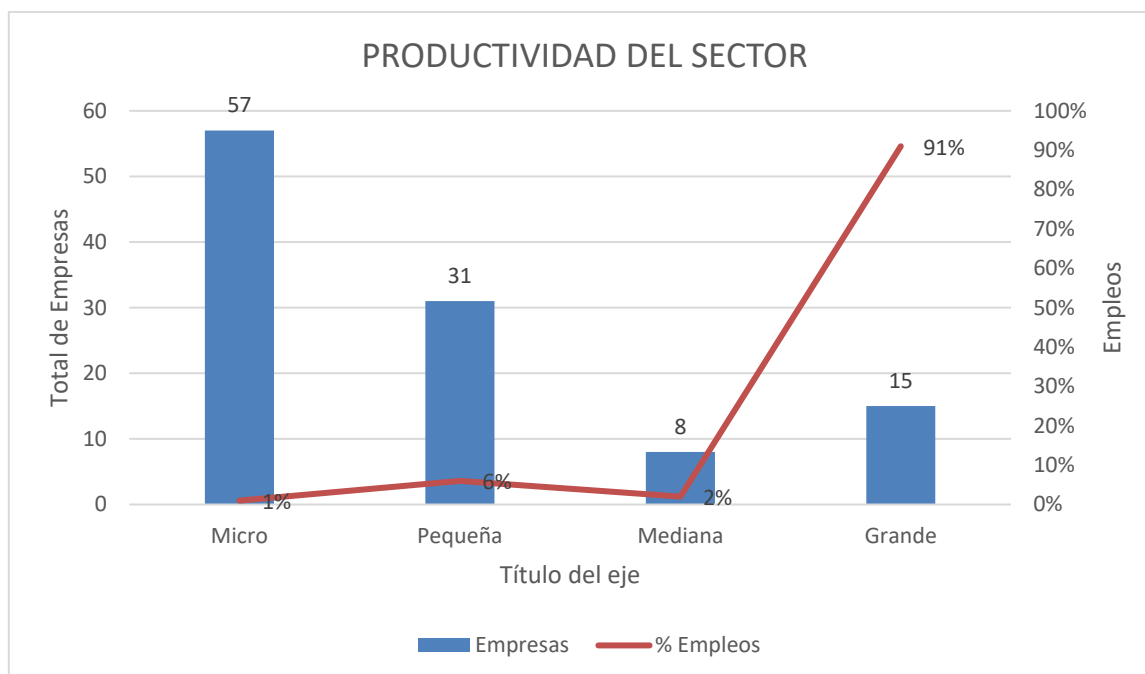


Figura 3.- la productividad del sector está concentrada en un grupo de 20 empresas con más de 10 años de operación que generan el 94% de los empleos | zona metropolitana de Tampico

Todo este trabajo de investigación se habla con el último informe de ENDEAVOR, realizado en noviembre del 2022, en el cual arroja la brecha entre el crecimiento de MIPYMES y Empleos en la zona conurbada del estado de Tamaulipas.

Los mismos emprendedores que forman parte de este grupo estadístico expresan sus principales inquietudes las cuales se hablan con los siete puntos mencionados anteriormente:

- Acceso a créditos blandos
- Networking y acceso a empresarios con expertis en el rubro de su emprendimiento
- Seguridad para escalamiento
- Posicionamiento de Marca

Al realizar esta investigación, más allá del número que arroja la estadística y analizando casos concretos de emprendedores de la zona se buscaron accionables que tuvieran un valor agregado distinto a los últimos 5 años.

Resultados y Discusión.

Tras las diversas etapas por las cuales ha atravesado el proyecto y la investigación documental que se ha ido generando desde diversos fuertes, se han establecido accionables como el programa META (Mesa de Emprendimiento Tamaulipas), donde en conjunto Academias, Instituciones Gubernamentales y Empresarios trabajan de la mano bajo la metodología Think Wrong todos bajo un mismo objetivo, nutrir el ecosistema emprendedor de la zona.

Dentro de la metodología que se implementó en la mesa de emprendimiento se genera una lluvia de ideas con “anclas” y “cohetes” donde los accionables se miden conforme al tiempo, llamando a aquellas acciones que ya se están implementando o deberían seguir implementándose en la zona como las anclas del proyecto que se está gestionando y los cohetes son aquellos compromisos a largo plazo en los cuales nos vemos inmersos a hacer realidad en un esfuerzo en conjunto.

Al tener un equipo multidisciplinario tan nutrido y elementos clave de la sociedad para impulsar esta iniciativa nos permite repensar la gestión de recursos en la zona. El cuestionamiento aquí no era ¿Qué se va a hacer? El reto es unir esfuerzo para en conjunto llegar a resultados diferentes y favorables, dejando de aplicar los accionables tradicionales y pensando fuera de la caja.



Figura 4.- META: Mesa de Emprendimiento TAMAULIPAS, iniciativa propuesta por EmprendeT posterior al análisis que arroja Endeavor Intelligence, 2022.

Conclusiones.

Como siguientes pasos se ha generado la propuesta de un manual del emprendedor denominado UDM, donde diversos emprendedores, empresarios, académicos y organizaciones de la sociedad civil desde su expertis nutren las siete áreas de oportunidad de los emprendedores de la zona.

Es de suma importancia el objeto de estudio del escalamiento y proyección de nuestras MIPYMES, puesto que el generar ese salto de una micro empresa a una pequeña empresa o mediana, se traduce en un flujo económico para las partes interesadas no solo a nivel zona, si no escalable como un modelo replicable.



Figura 5.- Primera Sesión Informativa gestionada por la nueva mesa Directiva de EmprendeT con Empresarios de la Zona Sur de Tamaulipas.

Agradecimientos.

Agradezco profundamente a los Maestros Luis Humberto Morales Muro y Nelson Sinhue Romero Flores, colaboradores de la iniciativa EmprendeT, por depositar su confianza en mi para continuar este proyecto que iniciamos en 2019.

Referencias

- Eric, R. (2013). El método Lean Startup. En R. Eric, *The Lean Startup* (pág. 320). Deusto México. Recuperado el Marzo de 2023
- Galle, G., Burn, M., Bielenberg, J., & Dickinson, E. E. (2016). *THINK WRONG*. San Francisco, California, USA: INSTIGATOR PRESS. Recuperado el Marzo de 2023
- Laoyan, S. (15 de Noviembre de 2022). ASANA. Recuperado el Marzo de 2023, de Design thinking paso a paso y cómo incorporarlo en la empresa: <https://asana.com/es/resources/design-thinking-process>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA CONTINUA DEL SERVICIO AL CLIENTE EN UNA ESTACION DE SERVICIO EN EL MUNICIPIO DE TEZIUTLÁN, PUEBLA

A. López Barrales, L. A. Viñas Meza

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Teziutlán, Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México- anai.lb@teziutlan.tecnm.mx, luisa.vm@teziutlan.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: Este trabajo está dirigido a las empresas dedicadas a la venta de combustibles, realizando un análisis y propuestas para la atención al cliente. En el municipio de Teziutlán, Puebla, existen al menos diez estaciones de servicio distribuidas en diferentes puntos de la ciudad, lo que hace que los clientes tengan opciones suficientes para poder elegir el sitio de su preferencia, y que en algunos casos está determinado por la atención, además del precio del combustible, y es precisamente de este segundo factor, que surge el interés por diferenciarse entre otras estaciones por su atención al cliente. Debido a la gran competencia y diversidad de precios, lo que se desea hacer es realizar la propuesta de un plan de acción que permita realizar mejoras al servicio que los empleados brindan al cliente al momento que acude a la estación.

Introducción.

En la actualidad se cuenta con más de 12 000 gasolineras que trabajan bajo el modelo de franquicia, es decir, gasolineras operadas por empresarios independientes y grupos gasolineros a los cuales se les otorga licencia de uso de marca, así como los conocimientos necesarios para llevar a cabo su operación. Cada día son suministrados alrededor de 140 millones de litros de gasolinas y diésel a las estaciones pertenecientes a la franquicia de Petróleos Mexicanos (PEMEX), (Gobierno de México, 2017). Por otro lado, una estación de servicio es un punto de venta de combustible y lubricantes para vehículos de motor; gasolina o derivados del petróleo (Gobierno de México, 2016).

Este proyecto se desarrolla en una Estación de Servicio dentro del Municipio de Teziutlán, en esta, se ofrece la venta de dichos combustibles y a su vez servicios extras referentes al vehículo, como lavado de parabrisas, revisión de niveles, calibración de llantas, y venta de aditivos. Todas las estaciones, deben contar con los lineamientos de máxima visibilidad de precios vigentes e identificación de tanques de almacenamiento de petrolíferos en estaciones de servicio de expendio al público de gasolinas y diésel (Gobierno de México, 2016b). Actualmente en la región de Teziutlán, existe gran competencia en cuanto a Estaciones de servicio se refiere, la diversidad de precios es algo que bien, puede beneficiar o perjudicar a las empresas, pero definitivamente también influye de manera considerable el servicio y trato cordial que los empleados dan a las personas que acuden a cargar su combustible para sus vehículos.

La problemática principal y en la cual se basa este proyecto es que los empleados no están cumpliendo de manera correcta con el procedimiento establecido por la empresa, lo que trae como consecuencia insatisfacción por parte del cliente. Un

servicio de calidad es la carta de presentación de toda empresa, y por esta razón es primordial ofrecer a los usuarios un servicio que cumpla sus expectativas, pues si el cliente se siente satisfecho con el servicio y la atención brindada, seguramente regresara a la estación, logrando así fidelizar al usuario.

Dentro de esta problemática se considera necesario evaluar y supervisar aquellas acciones que están limitando el servicio, para poder llevar a cabo las medidas necesarias que permitan realizar mejoras al servicio y por consiguiente ver si de esta manera es posible incrementar las ventas en la estación, por lo que se determinaron las siguientes interrogantes en el estudio: ¿El proceso de ventas es el adecuado en la atención al cliente? ¿Qué estrategias se pueden implementar durante el proceso de ventas?

Se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Desarrollar un plan de acción mediante estrategias de venta, para la mejora continua del servicio al cliente en una estación de servicio.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico a través de un análisis de observación para la evaluación al servicio e identificar áreas de oportunidad.
- Proponer nuevas técnicas de evaluación al servicio por medio de visitas aleatorias para medir el cumplimiento de los indicadores establecidos.
- Analizar las ventas a través de los reportes generados mensualmente para conocer el incremento de los ingresos.

El plan de acción en este proyecto consiste en llevar a cabo estrategias específicas como son el modelo ULIKER, modelo AIDA y la técnica del cliente misterioso que sirvan de apoyo para lograr el cumplimiento correcto del proceso del servicio para brindar una mejor atención al cliente.

La metodología que se implementó se basó en la dirección estratégica de las personas y el desarrollo de la organización, dicha estrategia, inicia con un diagnóstico; en segunda instancia se encuentra el plan estratégico que incluye una hoja de ruta, a partir de los recursos humanos de la organización; posteriormente se debe iniciar la implantación; la institucionalización y finalmente, se encuentra el control y seguimiento del nuevo proceso.

La segunda estrategia de mejora a considerar es el círculo de Deming, la cual se refiere a una línea de mejora continua de la calidad aplicado en cuatro pasos, las siglas PDCA son el acrónimo de las palabras inglesas Plan, Do, Check, Act, equivalentes en español a Planificar, Hacer, Verificar, y Actuar (Morales y Moreno, 2018).

Se considera este círculo, considerando, que el servicio al cliente surge a través de la interacción entre el éste y el empleado, con el propósito de dar cumplimiento a una satisfacción de necesidad o deseo. En el caso de la gasolinera, los despachadores son responsables de la imagen que se proyecta a los clientes, con base a las acciones y decisiones que toman, puesto que la atención del servicio solo puede ser evaluada por el cliente justo en el momento en que este es atendido y dependerá de la experiencia vivida si el consumidor calificara el servicio como una experiencia satisfactoria o por el contrario quedará insatisfecho con el servicio, y en el peor de los escenarios no regresará a la estación, dicho evento es conocido como el "momento de la verdad" (QuestionPro, 2023).

Mantener constante el nivel de calidad con que el cliente es tratado en el momento de la verdad, trae consigo grandes beneficios, de los cuales destaca, un mayor lealtad de los clientes, debido a que, si el cliente se siente cómodo con el servicio que recibe, seguirá acudiendo a la estación; el incremento en las ventas, pues al existir mayor número de clientes, trae por consecuencia incremento en los ingresos; atracción de nuevos clientes, no basta con tener clientes leales, se debe trabajar por ampliar el mercado, y captar clientes potenciales; desarrollo de una buena imagen ante los clientes como carta de presentación de la Estación de servicio hacia los clientes; tener la preferencia de los usuarios, sobre otras estaciones, generando una gran ventaja competitiva sobre las demás gasolineras.

La tercera estrategia propuesta en este plan de acción es la técnica del Mystery Shopper, que se emplea para conocer la percepción que tiene un usuario sobre una empresa a partir del comportamiento de sus empleados" (QuestionPro, 2023). Esta técnica consiste en que una persona en específico acuda al establecimiento, y se haga pasar por un cliente real, aunque su verdadera función será evaluar los parámetros que la empresa considera son primordiales para ofrecer un servicio de calidad, y conocer la manera en que desempeña su trabajo dicho empleado. El propósito principal es obtener datos sobre la manera en que los usuarios son atendidos, y si existen acciones que poco favorezcan la imagen y prestigio de la empresa, deberán ser corregidas de manera inmediata.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El muestreo utilizado es el aleatorio simple debido a que todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser seleccionados. Se aplicó la fórmula de población finita debido a que el universo es contable y se tiene previo conocimiento del número de población sobre el cual se trabajara. Para poder obtener el número de encuestas que sería necesario aplicar se determinó el promedio de los clientes que cargan en un turno, cada turno consta de ocho horas, y el promedio de autos que acuden por turno fue de 220 autos.

La muestra determinada fue de 140 encuestas, las cuales fueron aplicadas en el turno dos que abarca un horario de 7:00 a.m. a 15:00 p.m. para poder conocer la satisfacción y opinión que el cliente tiene en cuanto al servicio.

Respecto a la técnica de observación, el instrumento a utilizar fue la bitácora, en ella se colocaron los aspectos a evaluar para poder obtener información sobre el cumplimiento del proceso de despacho, la bitácora se realizará diariamente y en ella se colocarán aspectos concretos sobre los lineamientos que se deben cumplir.

Estrategia 1-Diagnóstico, análisis y plan de seguimiento

Partiendo de las necesidades identificadas, se optó por la siguiente metodología:

El diagnóstico se utiliza para poder evaluar cómo se encuentra la calidad del servicio actualmente; en el plan estratégico se deberá dialogar con el personal de la estación mediante una reunión, hacerles conocer el proyecto y lo que se desea lograr al implementarlo. En la implantación se llevará a la cabo la supervisión de que el procedimiento de atención al cliente sea ejecutado de la manera en que el procedimiento lo indica, y será supervisado por medio de las bitácoras de cumplimiento. La institucionalización validará que el procedimiento brinde resultados satisfactorios, y que el personal realice cada uno de los pasos con que cuenta dicho procedimiento, esto podrá ser validado por medio de las visitas del cliente misterioso, y el control y seguimiento será la puesta en marcha del proyecto, se deberá seguir supervisando la correcta ejecución del proceso y ver si efectivamente las ventas incrementaron con las mejoras al procedimiento de atención al cliente. (Ver Ilustración 1):

Estrategia 2- Modelo de venta AIDA (ATENCIÓN, INTERES, DESEO, ACCIÓN)

El modelo AIDA se aplicó considerando cada uno de los pasos que conforman el proceso de despacho, y dividiéndolos acorde a los apartados que forman dicho modelo.

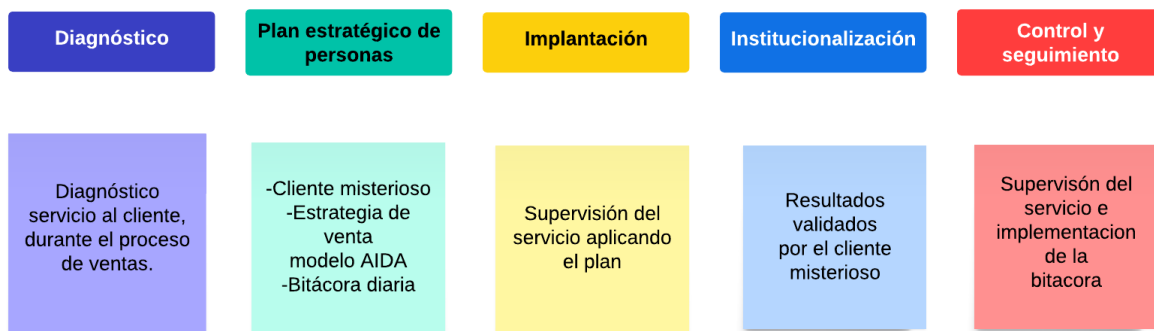


Ilustración 2. Metodología aplicada a la propuesta. **Fuente:** Adaptación propia. (2023)

Procedimiento de despacho de producto al público consumidor

1. Ubicar al vehículo en la posición de carga que le corresponda
2. Saludar al cliente (Buen día bienvenido a “Nombre de la estación)
3. Verificar que el vehículo este apagado

4. Verificar que nadie fume y ocupe su celular
5. Verificar que el vehículo no tenga fugas de combustible o emita humo del área del motor.
6. Quitar el tapón de la gasolina y colocarlo en su base.
7. Colocar la pistola de despacho en la boquilla de depósito
8. Programar la cantidad indicada por el cliente
9. Ofrecer servicios de limpieza de parabrisas, revisión de llantas, revisión de niveles de agua, aceite y lubricantes o aditivos
10. Permanecer cerca del vehículo, vigilando la operación
11. Retirar la pistola del vehículo, acomodando la manguera en el dispensario
12. Colocar el tapón del vehículo
13. Realizar el cobro

El modelo se aplicó a las siguientes operaciones del proceso. (Ver Ilustración 2)

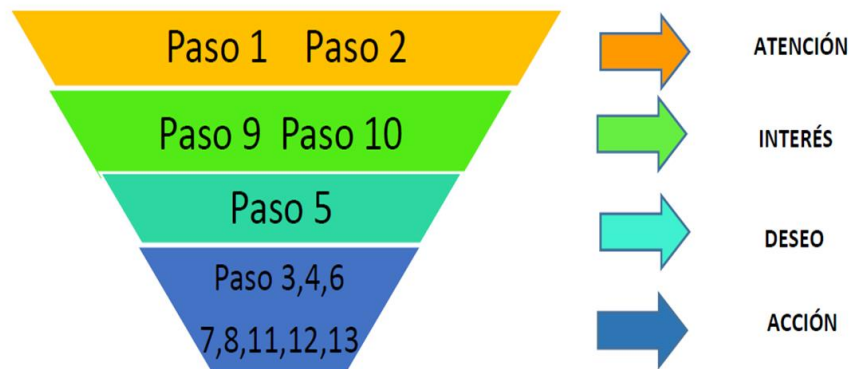


Ilustración 3. Modelo AIDA aplicado a la estación. **Fuente:** Estación de servicio. 2023

Con referencia a la atención se colocó los pasos uno y dos debido a que, si el despachador brinda un saludo amable al cliente, y le indica donde ubicarse en la posición de carga, llamará la atención del cliente, lo que a su vez lo lleva al siguiente nivel que es el interés. El interés se presenta por medio del paso nueve y diez donde el despachador tendrá que realizar de manera completa el ofrecer servicios de limpieza de parabrisas, revisión de llantas, revisión de niveles de agua, aceite, lubricantes y aditivos. Así como permanecer cerca del vehículo, vigilando la operación. El deseo se lleva a cabo al verificar que el vehículo no tenga fugas de combustible o emita humo del área del motor, ya que el cliente al notar que se realiza un servicio completo deseara acudir de manera más constante por la calidad y satisfacción que le produce el servicio.

El ultimo nivel que es la acción quizá es el paso más complicado, pero el que garantiza el éxito de toda la estrategia debido a que se deberá realizar todo el proceso de despacho verificar que el vehículo este apagado, que nadie fume y

ocupe su celular, quitar el tapón de la gasolina y colocarlo en su base, colocar la pistola de despacho en la boquilla de depósito, programar la cantidad indicada por el cliente, retirar la pistola del vehículo, acomodando la manguera en el dispensario, colocar el tapón del vehículo, y por último realizar el cobro. Para poder llevar a cabo la supervisión del cumplimiento del proceso antes mostrado, se procedió a la realización de bitácoras diarias que abarcan un periodo específico para poder evaluar y supervisar el cumplimiento del servicio y atención al cliente, y otro periodo para poder evaluar cómo se encuentra la limpieza y situación de los baños, debido a que estos también pasan a formar parte del servicio al cliente y deben estar en perfectas condiciones. Se muestra los criterios a evaluar en dichas bitácoras. (Ver Tabla 1)

Tabla 2. Bitácora servicio en Isla. **Fuente:** Elaboración propia. (2023)

Actividad	Cumplimiento	
	SI	NO
VERIFICAR MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA ZONA DE DESPACHO		
SALUDO		
RAPIDEZ AL MOMENTO DE LLEVAR A CABO EL SERVICIO		
OFRECER ADITIVOS Y ACEITES		
PERMANECER EN EL ÁREA DE DESPACHO		
TRATO AMABLE		
LIMPIEZA DE LA ISLA		

Estrategia 3. Técnica del cliente misterioso

Cabe mencionar que también se llevará a cabo la evaluación por parte del cliente misterioso con la misma bitácora de realización de servicio, con la diferencia que el personal no sabrá que está siendo evaluado y este será realizado una vez por mes. La evaluación por parte del cliente misterioso es durante el servicio brindado como cualquier otro cliente, pero dará a conocer si efectivamente el despachador está cumpliendo con todos lineamientos del procedimiento, y en caso de no ser así se procederá a informarle aquellas acciones que está descuidando al momento de llevar a cabo su trabajo, con el fin de estar en constante mejora con el servicio brindado.

Resultados y Discusión

Al desarrollar de manera continua la supervisión del proceso de ventas, se puede observar un incremento en las ventas y en la satisfacción de los usuarios. A continuación, se muestra las ventas del mes de febrero y marzo 2023, siendo este último mes, donde se empezó a implementar los modelos y estrategias, así como la supervisión y evaluación del trabajo del personal. (Ver Ilustración 3)

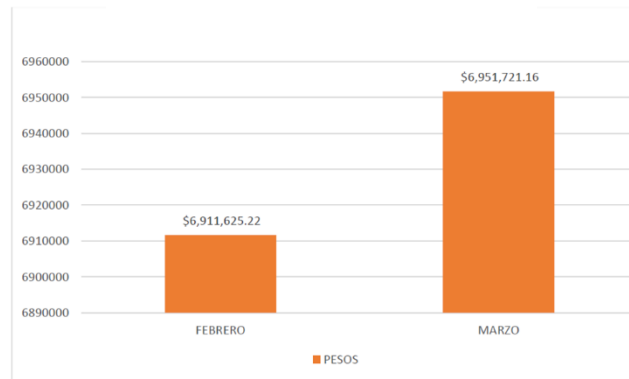


Ilustración 3. Comparación de ventas. **Fuente:** Datos obtenidos de encuesta aplicada por la Estación de servicio. 2023

Conclusiones.

Es evidente, que los resultados obtenidos en comparación de la primera encuesta aplicada también cambiaron de manera satisfactoria, se redujo el número de personas que no fueron atendidas con rapidez, esto es un cambio significativo en la empresa, pues al comienzo el tiempo promedio en que se atendía a un cliente era de 3.55 a 4 min debido a que el despachador no permanecía en la isla al momento de realizar la venta, actualmente el promedio cambio de un rango de 2.57 a 3.02 min cabe destacar que puede existir variación en el tiempo de acuerdo al monto cargado o si se requiere factura, pero en general se incrementó la rapidez del servicio para reducir el tiempo. De igual manera se logró que la cantidad de personas que recibe la limpieza de cristal y revisión de llantas fuera del 100%, lo que significa que los empleados si están cumpliendo con el proceso actualizado, lo cual se traduce en el incremento de las ventas y por ende de los ingresos.

Agradecimientos.

A la residente Laura Yaneli Rosas Hernández, que siempre ha demostrado el cumplimiento de sus objetivos.

Referencias

- Gobierno de México (29 de agosto de 2016). *NOM 016-CRE-2016 Especificaciones de calidad de los petrolíferos*. Recuperado el 23 de enero de 2023, de <https://www.gob.mx/cre/documentos/nom-016-cre-2016-especificaciones-de-calidad-de-los-petroliferos-134909?idiom=es>
- Gobierno de México (2017). *Estaciones de Servicio (Gasolineras) y Precios finales de Gasolina y Diesel*. Dirección General Adjunta de Información de Mercados de Gas Licuado de Petróleo. México: Comisión Reguladora de Energía. Recuperado el 27 de enero de 2023, de https://datos.gob.mx/busca/dataset?tags=estaciones_de_servicio

Morales Carrera, R., & Moreno Cueva, G. R. (2018). *Sistemas de Calidad Total*. Ecuador: Grupo Compás.

QuestionPro (2023). *Mystery shopper*. Recuperado el 08 de febrero de 2023, de <https://www.questionpro.com/blog/es/como-hacer-un-estudio-mystery-shopper/#:~:text=Un%20mystery%20shopper%2C%20comprador%20misterioso,servicio%20postventa%2C%20por%20ejemplo>).

QuestionPro (2023). *QuestionPro*. Recuperado el 7 de febrero de 2023, de <https://www.questionpro.com/blog/es/momentos-de-la-verdad/>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESIDENCIA PROFESIONAL DEL ITTOL: CASO INGENIERÍA INDUSTRIAL

Y. Hernández-Tamayo¹, M. L. Acosta-Miranda¹, A. Bernal-Nava², M.L. Ramírez-Rosas²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca SN Col. Juan Morales C.P. 62826, Yecapixtla, Morelos, México- m19680026@cuautla.tecnm.mx
monica.acosta@cuautla.tecnm.mx ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca- abernaln@toluca.tecnm.mx, mramirezr@toluca.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATEGIA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: El objetivo del presente trabajo es analizar mediante la estadística descriptiva, las características que presenta la residencia profesional en el periodo enero-diciembre 2022 correspondiente al programa educativo de Ingeniería Industrial, siendo ésta la carrera con mayor matrícula del Instituto Tecnológico de Toluca, de las 9 ofertadas por la Institución (atiende el 21% de un total de 5955 estudiantes).

Se propone un estudio transversal ya que solamente se analizará la información de las residencias desarrolladas durante el periodo antes mencionado, siendo un estudio no participativo. Por lo tanto, la investigación es de tipo descriptivo, puesto que ofrecerá información diagnóstica.

Se logra analizar el tipo de sector, número de residentes, sexo, así como las empresas con mayor índice de aceptación del estudiantado, identificando que un 97.1% realizan sus proyectos en organizaciones dentro del Estado de México; se ha dado constancia de que un 46.4% de estudiantes encuentra su proyecto de residencia por banco de proyectos, mientras que el mayor porcentaje logra acceder a una empresa por iniciativa propia.

Introducción.

El Tecnológico Nacional de México creado en el año 2014, a partir del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, conformado por más de 250 Institutos Tecnológico Federales ubicados en toda la República Mexicana, en su decreto de creación señala como su primer objeto proporcionar educación superior tecnológica. Además, para el presente trabajo es relevante rescatar el décimo objeto, que es el diseño de modelos de vinculación con los sectores social, público y privado. Y precisamente, dichos modelos permiten al estudiantado que se encuentra en su último semestre de educación superior, la integración a la vida laboral mediante el proceso de residencia profesional.

Por su parte, el Instituto Tecnológico de Toluca que nació en el año de 1974, con 4 carreras profesionales, entre ellas Ingeniería Industrial, ha contribuido con el desarrollo productivo de las empresas y organizaciones del Valle de Toluca, siendo una profesión que ha evolucionado mano con las necesidades de las diferentes zonas industriales más próximas hasta las grandes empresas mundiales. Lo que si ha permanecido constante como estrategia en la formación de los profesionistas de la Ingeniería Industrial es su pronta integración a la vida laboral, mediante la estancia de un semestre en la industria como un medio para consolidar sus competencias profesionales.

Es así como el presente estudio se enfoca en aportar un análisis estadístico centrado en el proceso de residencia profesional de la carrera de Ingeniería Industrial del periodo enero-diciembre 2022. Sin embargo, es importante mencionar

que el presente estudio forma parte de una investigación más amplia centrada en el análisis de la manera en que la realización de las residencias profesionales incide en la consolidación de las competencias profesionales de los estudiantes de Ingeniería Industrial, en tanto que requieren un ambiente laboral real en el que se manejan sistemas de producción que requieren del ejercicio y perfeccionamiento de sus competencias profesionales.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se propone un estudio transversal ya que solamente se analizará la información de las residencias desarrolladas durante el año 2022, siendo un estudio no participativo.

Será descriptivo, puesto que ofrecerá información diagnóstica. Un estudio de caso pues esta investigación refiere a una comunidad en específico: estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Toluca correspondiente al periodo antes mencionado.

La residencia profesional como estrategia vinculante

Un medio para vincular al estudiantado de la educación superior con el ejercicio profesional es la realización de las llamadas prácticas profesionales (UNAM, 2023) En otras instituciones de educación superior tal como la UNAM se llevan a cabo estas prácticas, las cuales se entienden como una “actividad académica temporal que ejecutan los estudiantes de los últimos semestres de la carrera, de manera tal que complementen con el ejercicio profesional, la formación teórica adquirida en las aulas” (UNAM, 1999).

Los institutos tecnológicos anteriormente denominaban prácticas profesionales al periodo de enlace entre la vida en la escuela y la vida laboral. Actualmente, se denomina residencia profesional y de acuerdo con el Lineamiento para la operación y acreditación de la residencia profesional (TecNM, 2015) se le conceptualiza como una “estrategia educativa de carácter curricular, que permite al estudiante emprender un proyecto teórico-práctico, analítico, reflexivo, crítico y profesional; con el propósito de resolver un problema específico de la realidad social y productiva, para fortalecer y aplicar sus competencias profesionales”.

De esta manera, la operación de la residencia en el TecNM requiere de la vinculación con el sector empresarial de la región, con la intención de que cada Instituto Tecnológico abra el camino para que su estudiantado se incorpore al ámbito laboral y productivo, aún con el apoyo de su Tecnológico. En este apoyo es un elemento clave que el estudiante al transitar hacia el mundo del trabajo cuente con la guía de un asesor interno, quien le orienta en el aspecto metodológico para desarrollar su proyecto de residencia profesional, en el cual es importante dar cuenta de la identificación de una problemática a atender, así como de la redacción coherente de los objetivos a alcanzar. Además de dar énfasis a la configuración del marco teórico que le remite al estudiante a la revisión de los contenidos

conceptuales y procedimentales abordados en el aula y de la conexión que se establece entre los conceptos y la práctica del día a día en la empresa, mediante la cual se espera sea capaz de generar productos y evidencias que cumplen la doble función de apoyar en el alcance de los propios objetivos de la empresa y de permitirle acreditar la residencia.

El programa de Ingeniería Industrial

En el periodo enero-diciembre 2022, la matrícula del programa educativo de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Toluca asciende a 1230, en sus modalidades escolarizado y a distancia (ITTOL, 2022). Es importante hacer notar que esta Ingeniería ha sido la de mayor matrícula en los últimos 10 años, tal como se puede observar en la Tabla 1.- Histórico de la Matrícula del Programa Educativo de Ingeniería Industrial, llegando a representar de manera constante más del 20% de la matrícula total del IITOL.

Tabla 1. Histórico de la Matrícula del Programa Educativo de Ingeniería Industrial (ITTOL, 2018)

Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Matrícula II	818	871	970	987	1154	1148	1222	1219	1267	1284	1230
Porcentaje	19%	21%	22%	21%	23%	24%	25%	22%	22%	21%	21%
Matrícula Total	4224	4190	4456	4803	4920	4804	4935	5505	5823	6059	5955


Nota: Elaboración Propia

El objetivo general de la carrera de Ingeniería Industrial es “Formar profesionistas en el campo de la Ingeniería Industrial, líderes, creativos y emprendedores con visión sistémica, capacidad analítica y competitiva que les permita diseñar, implementar, mejorar, innovar, optimizar y administrar sistemas de producción de bienes y servicios en un entorno global, con enfoque sustentable, ético y comprometido con la sociedad” (ITTOL, 2022). Es por su perfil profesional que resulta relevante su inmediata incorporación a entornos laborales que presenten sistemas de producción a mejorar.

Resultados y Discusión.

Al contar con la información extraída de la base de datos del SIA WEB, que se alimenta del formato de solicitud de residencia, se cuenta con un total de 1277 registros correspondientes a los proyectos de residencia profesional de la carrera de Ingeniería Industrial escolarizado, los cuales se comportan por año de la siguiente manera: 186 del año 2017, 175 del año 2018, 197 del año 2019, 177 del año 2020, 225 del año 2021, 280 del año 2022 y 37 del periodo enero-junio 2023. Ver Figura 1 y 2.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Toluca
Solicitud de Residencia Profesional



Fecha: _____

C. _____		ATN: C. _____	
Jefe de la División de Estudios Profesionales Coordinador/a de la Carrera de: _____			
Nombre del proyecto: _____			
Opción elegida:		Banco de Proyectos	Propuesta propia
Periodo proyectado:		Sexo: <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> M	

Datos de/la residente

Nombre: _____		Semestre: _____		No. de control: _____	
Carrera: Ingeniería Industrial					
Domicilio: _____					
E-mail: Personal: _____		Seguridad Social: No.: _____		E-mail: Empresa: _____	
Ciudad: _____		Teléfono: _____		Casa: _____ Celular: _____	

Datos de la (s) empresa (s)

Nombre de la empresa, organismo o dependencia para la que se desarrollará el proyecto: _____					
La empresa del acuerdo de trabajo. Estudiante- Escuela-Empresa ¿es outsourcing? Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>					
Solo en caso de que el anterior sea si:					
Nombre de la empresa outsourcing: _____					
Giro, Ramo o Sector:		Industrial <input type="checkbox"/>	Servicios ()	Otro ()	R.F.C. _____
		Público ()	Privado ()		
Domicilio: _____		Colonia: _____		Teléfono: _____	
Ciudad: Toluca					
Misión de la Empresa: _____					
Nombre de/la Titular de la empresa:		Puesto: _____		Nombre de la persona que firmará el acuerdo de trabajo. Estudiante- Escuela-Empresa: _____	
Nombre de/la Asesor/a Externa:		Puesto: _____		Firma Vo Bo: _____	
Puesto: _____		Correo electrónico: _____		Teléfono: _____	
Contacto con Asesoría Externa /a:		Correo electrónico: _____		Teléfono: _____	

Firma de/la residente _____

ITTOL-ED-PO-010-01

Rev. 0

Página 1 de 4

Figura 1. Formato de Solicitud de Residencia, ITTOL SGC.

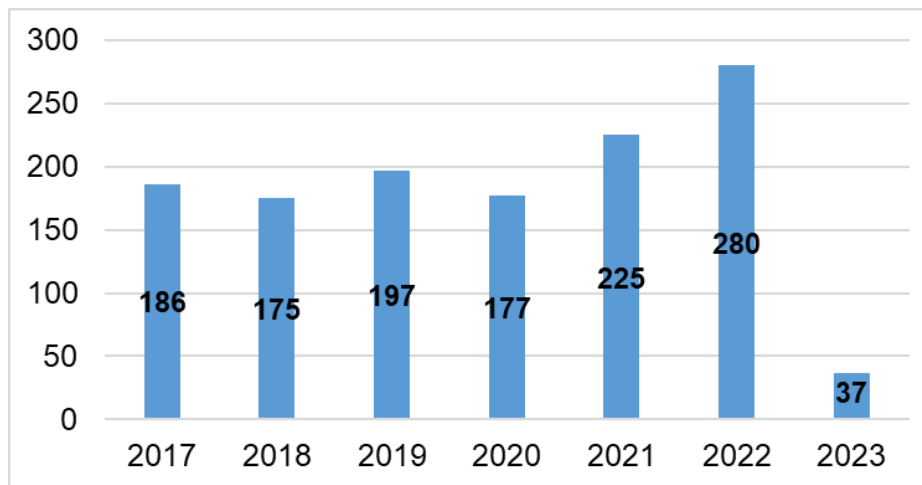


Figura 2. Residencias Profesionales por año. Elaboración propia.

Al hacer el análisis de las 280 solicitudes de residencia del año 2022; 214 corresponden a organizaciones del sector privado y 66 al sector público, es decir, 76% y 24% respectivamente. Ver Figura 3.

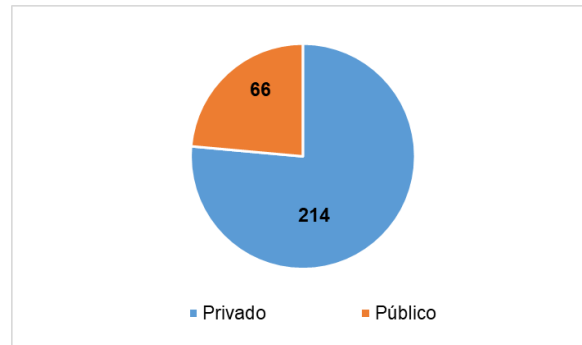


Figura 3. Análisis de Residencias Profesionales por sector. Elaboración propia.

En lo que respecta a la segregación entre hombre y mujeres que cursaron su residencia en el 2022, tenemos como resultado que en el sector privado los hombres ocuparon un 63% y las mujeres un 37%, y en el sector público 56% y 44% respectivamente. Ver Figura 4.

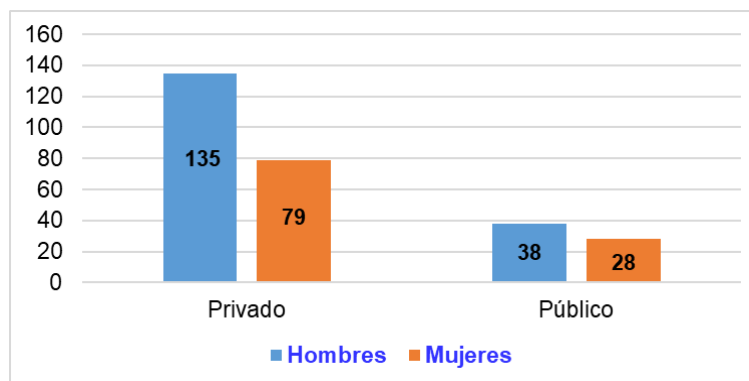


Figura 4. Segregado de hombres y mujeres en Residencia Profesional por sector. Elaboración propia.

Se identificaron 151 organizaciones, de las cuales 10 de ellas son las más representativas por el número de residentes que llevaron a cabo su proyecto en las mismas, y siendo las 3 con más demanda: Robert Bosch de México con 24 residentes, Bocar Servicios con 9 y Gates Rubber con 9. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Organizaciones representativas donde se realizaron Residencias Profesionales de Ingeniería Industrial 2022

Empresa	Número de Residentes
Bocar Servicios, S.A. de C.V.	9
FIRMENICH DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	6
Gates Rubber de México, S.A. de C.V.	9
Hockey Exportprint S.A. de C.V.	6
Manufacturera de Cigüeñales de México, S.A. de C.V.	5

Marelli Toluca México, S. de R.L. de C.V.	5
Robert Bosch México Sistemas Automotrices S.A. de C.V.	24
Sealed Air de México Operations, S. de R.L. de C.V.	6
Valeo Sistemas Eléctricos, S.A. de C.V.	7
Vibracoustic de México, S.A. de C.V.	7

Nota: Elaboración Propia

De los 280 proyectos desarrollados durante 2022, 136 se efectuaron en el área de Calidad, 73 en Procesos, 30 en Ingeniería, 12 en Logística y Seguridad e Higiene y 17 en Ergonomía. Ver figura 5.

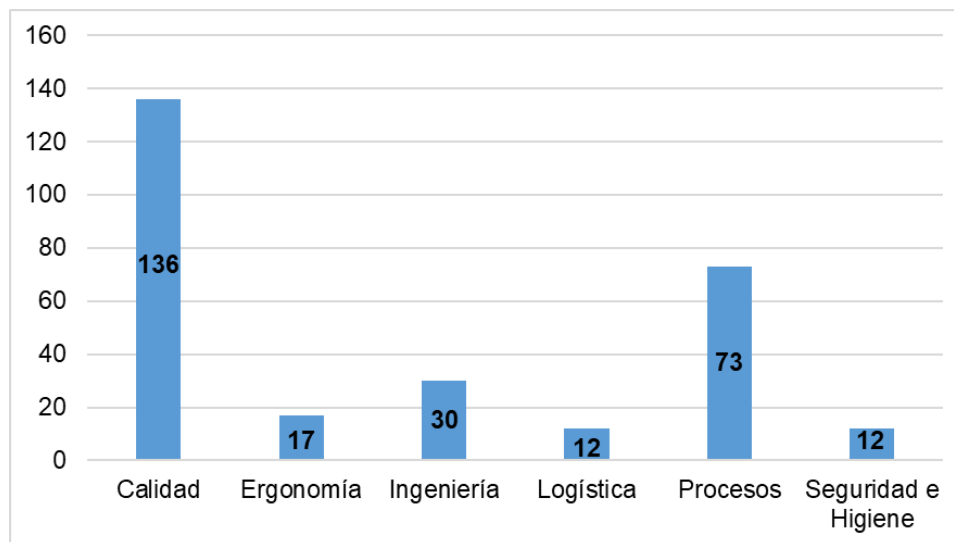


Figura 5. Áreas de desarrollo de Proyecto de Residencia

Conclusiones.

Conforme a las residencias profesionales realizadas por el estudiantado del ITTol se concluye:

La vinculación que el ITTol ha realizado a través de la residencia profesional con las diferentes organizaciones, ha sido principalmente llevada a cabo en el Estado de México, sin omitir su participación en la Ciudad de México y en Colombia.

Tanto el sector público y privado han estado presentes para el desarrollo de proyectos de residencia de la carrera de Ingeniería Industrial. Cabe mencionar que las organizaciones citadas arriba, permanentemente solicitan residentes del ITTol para colaborar con ellas debido al alto nivel académico y de competencias blandas que demuestran en sus estadías en diferentes áreas como lo son:

Durante el desarrollo del presente estudio, se pueden mencionar algunos problemas detectados, tales como:

El giro de las organizaciones presenta en el registro un amplio abanico de opciones que dificulta su apropiada selección.

El departamento de vinculación no cuenta con un apropiado seguimiento de los residentes a quien se les genera su carta de presentación.

En el formato de solicitud de residencia, no se cuenta con el apartado que identifique cuál es el área donde se desarrollan las actividades.

Se recomienda llevar a cabo un rediseño del registro de alta de residencia con la finalidad de acotar las opciones con las que se cuenta en el apartado de giro y así distinguirlas entre sector privado o público únicamente. De la misma forma, se recomienda agregar un apartado en dicho registro donde se especifique el área o departamento donde se llevarán a cabo las actividades de residencia profesional.

Se concluye que derivado de este estudio, se abre la puerta a otros análisis referidos al seguimiento oportuno de residentes, al logro de competencias definidas en el Programa Educativo de Ingeniería Industrial por parte de los residentes y que contribuyen a la formación integral que la Institución busca en sus próximos egresados, de igual forma, nos inquieta conocer si este proceso de residencia permite afianzar el eslabón que debe existir entre su vida académica y laboral.

El análisis realizado permitió detectar áreas de oportunidad, principalmente en el registro utilizado para el alta de residencias; de tal manera que el proceso de seguimiento se convierta en una labor más ágil y precisa que ayude a la institución a ser más eficiente en este rubro.

Agradecimientos.

Damos las gracias al Instituto Tecnológico de Toluca quien nos proporcionó la información a analizar y quien estará interesado en conocer estos resultados para volver más eficiente el Proceso de Residencias Profesionales.

Por otro lado, agradecemos el empeño y dedicación de cada uno de los integrantes del equipo para llevar a término este estudio y poderlo presentar.

Referencias

- TecNM (2015) Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del TecNM. Consultado en: <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>
- ITTOL (2018) Informe de rendición de cuentas de conclusión de la administración 2012-2018. Consultado en: <https://www.tolucatecnm.mx/categoria/36/rendicion-de-cuentas-conclusion-de-la-administracion-2012-2018>
- ITTOL (2019) Prontuario Estadístico agosto-diciembre 2019. Consultado en: <https://www.tolucatecnm.mx/seccion/30/2019-agosto-diciembre>

- ITTOL (2020) Prontuario Estadístico agosto-diciembre 2020. Consultado en: <https://www.tolucatecnm.mx/seccion/28/2020-agosto-diciembre>
- ITTOL (2021) Prontuario Estadístico agosto-diciembre 2021. Consultado en: <https://www.tolucatecnm.mx/seccion/38/2021-agosto-diciembre>
- <https://www.tolucatecnm.mx/seccion/28/2020-agosto-diciembre>
- ITTOL (2022) Prontuario Estadístico agosto-diciembre 2022. Consultado en: <https://www.tolucatecnm.mx/seccion/219/2022-agosto-diciembre>
- ITTOL (2022) Procedimiento de Residencia Profesional. Consultado en: https://tolucatecnm-my.sharepoint.com/:w/g/personal/sgc_rd_toluca_tecnm_mx/EU7mpWImOopDvmWVzXIRjnwBdYWqAn7LmSeCoE8IWcPaSg?e=k1vdm
- ITTOL (2023) Programa de estudios de Ingeniería Industrial. <https://www.tolucatecnm.mx/programa/8/ingenieria-industrial>
- UNAM (2023) Modelo de atención integral de prácticas profesionales. Consultado en: <http://dgoae.unam.mx/PracticasProfesionales/>
- UNAM (1999) Reglamento de la práctica profesional supervisada. Facultad de Arquitectura. Licenciatura de Arquitectura. Consultado en: https://drive.google.com/file/d/0ByvcJjKJzy-Ga1Vxelh0OER6OEk/view?resourcekey=0-DTMiChi0_dtUHiOASSVeGA

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

AUTOEVALUACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS EN TORNO DE LA EDUCACIÓN INCLUSIVA EN EL CONTEXTO DEL TECN – SEDE IT DE ZACATEPEC

R. Ovando-Castelar¹, J. A. Santana Camilo¹, Alfredo Olarte-Paredes¹ y A. Blanco-Ortega²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, , Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- rosemer.oc@zacatepec.tecnm.mx, jose.sc@zacatepec.tecnm.mx y alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx

²Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira Cuernavaca Morelos, México- andres.blanco@cenidet.tecnm.mx

Área de participación: INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES (IGE)

Resumen: El artículo 3 de la constitución mexicana establece que “Toda persona tiene Derecho a la Educación”, donde se indica la impartición y garantía de la educación. A partir de mayo del 2019 se ha adicionado en este artículo **la inclusión**, fomentando que la educación se base en el respeto a la dignidad de las personas, los derechos humanos y la igualdad. La marginación y exclusión en el área laboral y educativa hacia las personas con discapacidad es una situación que prevalece, no se les considera sus limitantes en accesos, inmuebles, lugares especiales, espacios vehiculares, etc. La integración e inclusión para este sector consiste en incorporarlos en algún quehacer de la sociedad con respeto a sus habilidades especiales e interactuando con ellos para el logro de objetivos, superando los paradigmas en extremo marcados por la exclusión, marginación, empatía e ignorancia de sus cualidades y alcances. La educación inclusiva es un hecho con la anexión de programas de corte institucional que permean en toda la estructura del TecNM, apoyándose en técnicas o elementos de modernidad para el alcance y consolidación del proceso enseñanza-aprendizaje. La autoevaluación es una actividad para posicionar, entender y comprender los compromisos y alcances respecto a la inclusión. El desafío para la atención de la educación inclusiva es de hecho una suma de voluntades y esfuerzos en las esferas jerárquicas, administrativas y académicas, estructurando y facilitando los medios adecuados para la atención general de todos los estudiantes, mediante una serie de actividades propositivas, generando programas con el apoyo de las diversas tecnologías.

Introducción

Todo ente que provee educación debe sugerir, prever, contribuir con estrategias y mejoras continuas atendiendo la inclusión y con base en la fracción X del artículo 3 de la constitución mexicana, donde se cita la obligación del estado de dar acceso a la educación superior implantando políticas que fomenten la inclusión, permanencia y continuidad, aunado a lo antes indicado. El Tecnológico Nacional de México (TecNM) promueve perfiles incluyentes en sus programas y planes de estudio mediante acciones afirmativas y ajustes razonables, con un programa nacional de Educación Inclusiva cuyo objetivo es capacitar, concientizar, sensibilizar e informar a la comunidad tecnológica sobre las buenas prácticas para la convivencia con la diversidad. El TecNM fija una respuesta ante la inclusión, fomentando el diseño de estrategias que faciliten el aprendizaje exitoso, la atención a la diversidad, ajustes pertinentes técnicos y didácticos en competencias a desarrollar ante las diversas necesidades educativas en el contexto de desarrollo profesional específico.

Esta campaña considera en primer lugar la capacitación y actualización de los docentes en el uso de las TIC´s como una estrategia diversa para la atención de las necesidades de los estudiantes en el ámbito de una educación inclusiva y después, el desarrollo de actividades de sensibilización y concientización sobre la importancia de lograr el acceso a una educación universitaria inclusiva para estudiantes con discapacidad, estudiantes que provienen de comunidades indígenas y estudiantes superdotados, aprovechando distintos foros académicos, sociales y de difusión de actividades del Programa Educativo (PE), disponibles a lo largo del año escolar.

Fundamento Teórico

Para el entendimiento acerca de la educación inclusiva se debe conocer la conceptualización acerca de ésta. El proceso de la inclusión se basa en la aceptación y adecuación para ir incorporando a las personas con discapacidad en la parte académica y productiva (Camilloni, 2008). En la Figura 1 se ilustra la forma de cómo ha sido la evolución del grado de aprobación hasta lograr la inclusión.

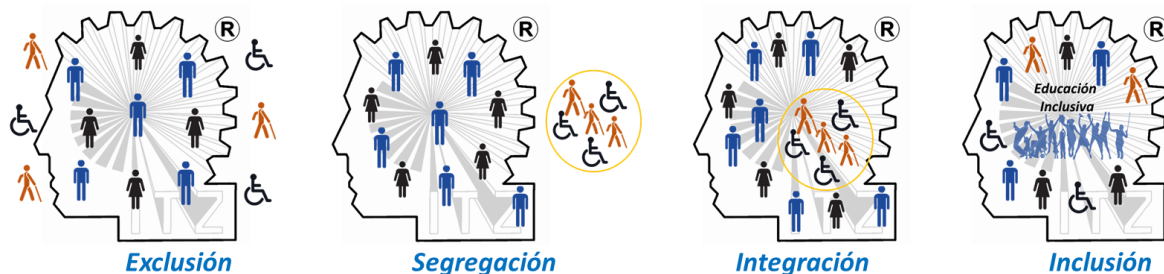


Figura 1 Evolución hacia la Inclusión

Se debe reflexionar sobre la realidad de nuestro entorno y el quehacer educativo, si se está preparado o se cuenta con áreas de oportunidad, identificar debilidades y fortalezas, por lo cual es importante tener una descripción concisa respecto a algunos conceptos a emplear con referencia a la educación inclusiva. Se lleva a cabo un análisis relacionado con la actividad docente que se desempeña cotidianamente bajo el contexto de la inclusión (Teresa, 2008).

Necesidades Educativas especiales

Parte del éxito en el desarrollo de estrategias para la Educación Inclusiva es la identificación y clasificación de las necesidades educativas especiales (Teresa, 2008), dependiendo del tipo de estudiantes (Diario Oficial de la Federación, 2023):

- Personas con discapacidad: Dificultades de acceso al aprendizaje, discapacidad múltiple o severa, etc.
- Estudiantes con aptitudes sobresalientes
 - Superdotados
 - Talentos Específicos
- Población Indígena

- Costumbres
- Lenguaje materno

Tabla 3 Relación Conceptual con respecto a la actividad en aula

CONCEPTO	ACTIVIDAD EN EL AULA
Accesibilidad	Disposición en todos los edificios relacionados con la actividad escolar de rampas de acceso para sillas de ruedas, contar con elevadores para acceso a pisos superiores, disponer de pasillos amplios y baños especiales para minusválidos. Adecuación de actividades.
Acción Afirmativa	Descuentos en colegiatura debido a la pandemia por COVID, permitir el trabajo en línea para personas vulnerables ante el COVID, campañas para incentivar el uso de lenguaje no sexista, permitir entrega de tareas por distintos medios (WhatsApp, correo electrónico, Teams) y en formatos distintos (pdf, Word, bmp, etc.) por las limitaciones en la herramienta disponible para trabajo en casa en tiempo de pandemia.
Ajuste razonable	Colocar espacios de estacionamiento para mujeres embarazadas, minusválidos y personas de la tercera edad cerca de la entrada a los edificios. Elaborar e implantar reglamentos que prohibir terminantemente bromas, memes, mensajes de texto, correos, o cualquier expresión discriminatoria en contra de cualquier persona.
Alumno Con Aptitudes Sobresalientes (CAS)	Preparar materiales de estudio con diferentes grados de dificultad, disponer de distintos medios para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, dando oportunidad de trabajar tanto en aspecto teórico como práctico. Motivar a los estudiantes para revisar otras fuentes de información y recursos en internet o en sitios especializados.
Ayuda Técnica	Disponer de accesos apropiados para personas minusválidas a las distintas áreas de tránsito para edificios y laboratorios. Contar con mesas de trabajo para uso de laptops y butacas especiales para personas diestras y zurdas, así como plataformas.
Discriminación	En educación de nivel superior es poco apreciable las acciones de discriminación. He tenido pocas situaciones en aula. Casos en los que he notado riesgo en actividades grupales, los he resuelto permitiendo el reacomodo de equipos, aplicando reglas claras para evitar la segregación y evitando situaciones de conflicto entre estudiantes, supervisando el trabajo de los equipos de una forma más cercana.
Necesidad Educativa Especial (NEE)	En mi experiencia como docente, no he tenido situaciones que se relacionen con este punto. Sin embargo, se trata de incorporar apoyos para docentes tales como capacitación para aprender lenguaje de señas, equipo de cómputo especializado para personas con limitaciones de visión, buscar las herramientas necesarias para que ellos participen activamente en equipo o en forma individual. Realizar las dinámicas que se requieran para el proceso de aprendizaje.
Diseño universal	En el periodo de reingreso a labores presenciales por semáforo verde durante la pandemia, se diseñó una cámara portátil y semiautomática para realizar la sanitización de los usuarios mediante un sistema de rocío, en la entrada del laboratorio eléctrico de Metalmecánica, lo que agilizó la entrada al laboratorio. Estrategias personales dependiendo la situación del estudiante especial.
Persona con Discapacidad (PCD)	No he tenido muchas situaciones donde me fuera necesario atender a una persona con discapacidad. Sin embargo, considero que el trato debe ser equitativo, facilitando la participación del estudiante sin hacerlo sentir incómodo de tal forma que se integre adecuadamente con los demás. Motivarlos para que trabajen a la par con los demás, pero con la empatía de sus áreas de limitación.

Con referencia a la clasificación de los diferentes posibles tipos de estudiantes, se procede a hacer un autodiagnóstico de lo que hacemos o nos falta por hacer en función de la Educación Inclusiva.

Barreras de Aprendizaje

La falta de experiencia en atención a personas diferentes o especiales trae como consecuencias barreras para el aprendizaje, quizás de algunas de éstas los docentes somos responsables, otras dependen de la cuestión socioeconómica del estudiante, la interacción entre los estudiantes practicando el denominado Bullying,

que es el rechazo, asedio, burla y exclusión (Teresa, 2008). También puede ser que las instalaciones tengan cierta limitante en accesos, higiene, iluminación o condiciones básicas de confort.

Tabla 4 Autodiagnóstico del Campus ITZ Acciones Inclusivas

ACCIONES INCLUSIVAS				
En mi institución hacemos algo por			¿Nos falta algo por hacer?	
	EN LA ESCUELA	EN EL AULA	EN LA ESCUELA	EN EL AULA
Personas con discapacidad (PCD)	Accesos a las áreas académicas y administrativas con rampas para sillas de ruedas. Elevadores especiales.	<ul style="list-style-type: none"> Áreas o lugares especiales Mobiliario adecuado 	<ol style="list-style-type: none"> Promover el respeto y la tolerancia Capacitación Docente Oferta de actividades especiales 	<ol style="list-style-type: none"> Mobiliario especial adaptado a sus necesidades Accesos menos complicados Asistencia y apoyo
Estudiantes sobresalientes, superdotados y con talentos específicos	Programas de Becas. Motivación para participar en eventos académicos. Inclusión en actividades de investigación dentro del campus universitario.	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento personal Calificación sobresaliente Motivación para participar en eventos académicos y cursos especializados Vincular con instituciones que cuentan con programas de desarrollo en el campo de la investigación 	<ol style="list-style-type: none"> Motivación económica Formar agrupaciones para determinado fin académico Reconocimiento periódico y fomento a su cultura mediante actividades de integración 	<ol style="list-style-type: none"> Estimulo con notas sobresalientes. Fomentar trabajo en equipo con liderazgo y apoyo de estos estudiantes Motivar su participación en eventos académicos
Población indígena	Aceptación. Inclusión. Atender y canalizar quejas en caso de sufrir algún tipo de discriminación.	<ul style="list-style-type: none"> Participación Aceptación Convivencia y trato equitativo 	<ol style="list-style-type: none"> Ingreso Directo Apoyos en especie o económicos Motivación Institucional personal Fomentar el respeto por sus tradiciones en la comunidad universitaria 	<ol style="list-style-type: none"> Apoyo académico Canalización en caso de requerirla Fomentar el respeto cultural y evitar la discriminación hacia este sector de la población

Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad

Hay normatividades con influencia local, regional, nacional e internacional, donde se desarrollaron normas, reglamentos y derechos globales que han dado un realce al tema de educación inclusiva. En el caso de México, el 30 de mayo de 2011 se publicó en el Diario Oficial de la Federación DOF 06-01-2023 (última reforma) la *Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad* (Diario Oficial de la Federación, 2023).

Acciones de accesibilidad

Institucionalmente se han generado accesos adecuados a través de pasillos, edificios y la colocación de elevadores en la construcción de nuevos edificios, que por norma de construcción se debe contemplar la accesibilidad para los estudiantes con condiciones especiales (INIFED Infraestructura educativa, 2014).

El TecNM impulsa la realización de buenas prácticas de inclusión educativa apoyando actividades y estrategias a favor de la inclusión de personas que pertenecen a grupos especiales o con capacidades diferentes, dando pauta a la reorientación en los planes y programas de estudio mediante acciones y ajustes para fortalecer el diseño de nuevos entornos y el libre acceso a la educación sin problemas para su inclusión, para facilitar competencias y aprendizajes para todos. A través del Programa de Desarrollo Institucional 2019-2024, con sus ejes rectores, se han trazado metas y retos para considerar la educación inclusiva, fortaleciendo y adecuando estrategias, espacios, accesos y atención adecuada, pero uno de los problemas más fuertes es el aceptar y ser empático con los obstáculos y limitaciones en este sector de personas, pero en el camino andamos, poco a poco entendiendo, capacitando, asimilando, adecuando para el logro de los objetivos que es la educación integral.

Resultados y Discusión

Campaña de sensibilización

A través de una actividad se pretende iniciar una campaña de sensibilización, concientización e información acerca del tema de atención a la diversidad (discapacidad, superdotación y población indígena).

1. Identificación del problema de contexto

Se requiere proporcionar capacitación a los docentes y personal administrativo en el manejo de herramientas que faciliten la implantación de estrategias para lograr una educación inclusiva, así como lograr una concientización y sensibilización en la comunidad académica sobre la adopción de buenas prácticas para fomentar el desarrollo de una educación inclusiva.

2. Objetivo General

Implantar el Programa Inicial de Educación Inclusiva en el PE mediante la capacitación en la atención a la diversidad, la sensibilización y concientización sobre la importancia de la adopción de buenas prácticas para la atención de una comunidad universitaria inclusiva.

La participación de todos los miembros de la comunidad académica es de suma importancia para alcanzar la meta de ser una comunidad educativa incluyente. Por lo tanto, se necesita desarrollar un programa de sensibilización y de concientización para la comunidad académica del PE para sumar esfuerzos y alcanzar la meta de implantar las mejores prácticas para una educación incluyente. En Tabla 3 se enlista, en forma de bosquejo de planeación estratégica, las actividades a realizar.

Productos del Proyecto Integrador

- Materiales metodológicos y didácticos dirigidos a docentes, estudiantes y familiares, que contribuyan a la inclusión escolar de los estudiantes con discapacidad visual.
- Desarrollo de orientaciones técnico-pedagógicas para el personal docentes sobre estrategias didácticas que favorezcan los procesos de enseñanza y de aprendizaje de los estudiantes con discapacidad visual.
- Trípticos y Carteles de difusión masiva para estudiantes, docentes y personal administrativo con temas relacionadas con la cultura de los pueblos originarios del estado de Morelos.
- Trípticos sobre cursos y talleres de entrenamiento en escritura braille, uso y manejo del ábaco Kramer y estrategias de atención a la discapacidad visual. Carteles sobre tipos de discapacidad visual y barreras que limitan su desarrollo.
- Una página en Facebook para difusión de los eventos que fomenten la adopción de una cultura incluyente y el reconocimiento a la diversidad, la cultura y la contribución social de los grupos minoritarios entre la comunidad académica.

Tabla 3. Formato de Planeación Estratégica

PROYECTO EDUCACIÓN INCLUSIVA

Foro en el cual se realizará	Capacitación y Actualización Profesional de Personal Docente
Objetivo General	Comprender la forma de aplicar las Tecnologías de la Información y Comunicación en el ámbito de la educación, por un lado, como una estrategia diversificada mediante la cual se pueda responder a las necesidades de aprendizaje de todos los estudiantes en el aula y, por otro lado, construir una estrategia específica para la atención a la discapacidad.
Líneas de acción (Actividades específicas)	Formación continua para docentes en el conocimiento y uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación. Uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación como estrategia de apoyo (específica y diversificada) como un modelo de atención a la discapacidad. Evaluación de logros con base en los tres enfoques de los Estándares de Competencias Digitales Docentes definidos por la UNESCO. Realización de Ajustes Razonables y uso de tecnologías con diseño universal.
Responsable	Coordinador de docencia del programa educativo de Ingeniería Electromecánica
Requerimiento Técnico	Equipo de Proyección, aula de cómputo con 20 computadoras de escritorio. Vídeos ilustrativos sobre la atención a la discapacidad mediante las TIC's
Requerimientos Materiales	Trípticos sobre cursos y talleres de entrenamiento en uso de Tecnologías de la Información y Comunicación, para atención de la discapacidad en medio electrónico.
Requerimiento Materiales	Instructor con experiencia en manejo de Tecnologías de la Información y Comunicación. Auxiliar técnico del aula de cómputo.

Foro en el cual se realizará	Día Internacional de la Cero Discriminación
Objetivo General	Fortalecer la atención de estudiantes ciegos o con baja visión en el programa educativo de Ingeniería Electromecánica mediante la sensibilización y la implantación de acciones que faciliten su inclusión.
Líneas de acción (Actividades específicas)	Capacitación de docentes sobre estrategias metodológicas que permitan eliminar y/o minimizar las barreras para el aprendizaje y la participación que enfrentan los estudiantes con discapacidad visual (ciegos o con baja visión). Elaboración de materiales metodológicos y didácticos dirigidos a docentes, estudiantes y familiares, que contribuyan a la inclusión escolar de los estudiantes con discapacidad visual. Desarrollo de orientaciones técnico-pedagógicas para el personal docentes sobre estrategias didácticas que favorezcan los procesos de enseñanza y de aprendizaje de los estudiantes con discapacidad visual.
Responsable	Coordinador de tutorías del programa educativo de Ingeniería Electromecánica

Requerimiento Técnico	Equipo de Proyección. Vídeos de sensibilización sobre las barreras que enfrentan los estudiantes con discapacidad visual.
Requerimiento Materiales	Trípticos sobre cursos y talleres de entrenamiento en escritura braille, uso y manejo del Ábaco Kramer y Estrategias de atención a la discapacidad visual en medio electrónico. Carteles sobre tipos de discapacidad visual y barreras que limitan su desarrollo. Mamparas para colocación de carteles.
Requerimientos Humanos	Conferencista del Centro de Rehabilitación y Educación Especial (CREE) Morelos. Especialista de la Asociación Centro de Rehabilitación para Ciegos I.A.P. (ACREC)

Foro en el cual se realizará	<i>Congreso Nacional de Innovación, Tecnología, Liderazgo y Sostenibilidad</i>
Objetivo General	Sensibilizar a la comunidad educativa sobre la importancia del acceso de la población indígena a una educación inclusiva y de calidad, que proteja su legado cultural y favorezca el estudio, así como el desarrollo de valores y prácticas de valores.
Líneas de acción (Actividades específicas)	Desarrollar programas de difusión masiva para estudiantes, docentes y personal administrativo con temas relacionadas con la cultura de los pueblos originarios del estado de Morelos. Promover el reconocimiento y respeto de los usos y costumbres de las comunidades indígenas. Promover un modelo de educación, con enfoque de preservación de la cultura indígena.
Responsable	Coordinador de tutorías del programa educativo de Ingeniería Electromecánica
Requerimiento Técnico	Equipo Proyector. Vídeos de promoción de cultura y costumbres de los pueblos indígenas para el reconocimiento y respeto de sus usos y costumbres.
Requerimiento Materiales	Trípticos sobre información relativa al origen, la cultura y costumbres de los pueblos indígenas del estado de Morelos, en medio electrónico. Carteles sobre origen, cultura, lenguas y contribución social de los pueblos indígenas de Morelos. Mamparas para colocación de carteles. Mesas portátiles para exposición de artesanías y productos.
Requerimientos Humanos	Conferencista del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI), sección Morelos. Conferencista de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos indígenas

Foro en el cual se realizará	<i>Expo Electromecánica</i>
Objetivo General	Promover el desarrollo y el acceso a una educación de calidad, que favorezca el estudio, así como el desarrollo profesional de los estudiantes superdotados.
Líneas de acción (Actividades específicas)	Capacitación para los docentes para formar mediadores que amplíen su visión con respecto a la educación, y que reflexionen sobre su práctica para potenciar el desarrollo integral de los estudiantes superdotados. Diálogo Significativo y Construcción Colectiva del Conocimiento, para que los docentes apliquen las habilidades de mediación que han desarrollado, para que sus estudiantes desarrollen competencias en los diferentes campos de formación del currículo. Imaginación para Comprender, donde se promueve la manifestación de la creatividad, el respeto y la reflexión sobre las ideas de otros. Sensibilización y la etapa Lenguaje para Conocer, que ofrece a los estudiantes y docentes, la posibilidad de abrir y ampliar su pensamiento e imaginación contribuyendo al desarrollo de su inteligencia.
Responsable	Coordinador de Investigación del programa educativo de Ingeniería Electromecánica
Requerimiento Técnico	Equipo Proyector. Vídeos de difusión y reconocimiento al aporte de investigadores y científicos al desarrollo de la humanidad
Requerimiento Materiales	Carteles sobre proyectos destacados de fin de semestre de los estudiantes del programa educativo de Ingeniería Electromecánica. Mamparas para colocación de carteles. Mesas portátiles para exposición de prototipos, simuladores y trabajos de investigación. Campaña de difusión de la Expo Electromecánica en redes sociales, tales como Facebook y Twitter.
Requerimientos Humanos	Conferencista del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos (CCyTEM). Panel de investigadores destacados de universidades y centros de investigación del estado de Morelos.

Conclusiones

La proyección personal que mostramos ante nuestros estudiantes es un indicador de nuestro compromiso y entrega. La actitud del profesor hacia la educación en general, inclusiva o no, es la suma o integración de percepciones, creencias, el impacto y la cuestión sentimental ante una persona con características diferentes, así como de la forma como reaccionamos al formular estrategias y lograr un aprendizaje en ellos. En el aspecto de educación inclusiva, lo primero es reconocer de forma personal e institucional que medios o procesos se deben emplear para minimizar esas limitaciones para el aprendizaje; el logro de este objetivo constituye el éxito de las prácticas inclusivas, pero hay que identificar o plantear como medir este rubro: como se identifica el tipo de discapacidad, el tiempo en que se logra el conocimiento, los apoyos en el entorno, la aceptación y disciplina por parte de los demás estudiantes e ir evaluando el impacto de las diferentes acciones y estrategias planteadas para estos casos.

La actitud de un profesor hacia la inclusión educativa está condicionada a la propia experiencia, el tipo de estudiantes, el tiempo, los recursos para esta situación, la formación y la capacitación para formular prácticas o desarrollos educativos bajo estas circunstancias. La experiencia docente es un elemento que con el paso del tiempo hace del docente sea más empático y quizás ante diversos casos de inclusión, se tenga un panorama de las necesidades, barreras y limitaciones que pueda tener los estudiantes con capacidades diferentes; pero también es saber reconocer el tipo de situación que pudiera tener el estudiante para visualizar sus áreas de fortaleza y debilidad.

Como conclusión se debe saber, entender y continuar con la preparación para los retos educativos, que literalmente puede ser una tarea normal, pero contemplando la inclusión, adoptando una actitud que fortalezca el desarrollo personal, integral y profesional, asumiendo un compromiso de aceptación, renovación estratégica, inversión de tiempo-esfuerzo, acompañamiento paralelo de los entornos educativos y permeando la experiencia y capacitación para o con los compañeros de trabajo.

Referencias

- Camilloni, A. R. (2008). El Concepto de Inclusión Educativa: Definición y Redefiniciones. *Políticas Educativas*, Vol. 2 (No. 1), 1-12.
- Diario Oficial de la Federación (6 de enero de 2023). *Ley General para La Inclusión de las Personas con Discapacidad*. Ley General para La Inclusión de las Personas con Discapacidad: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD.pdf>
- INIFED Infraestructura educativa. (2014). *Normas y Especificaciones para Estudios, Proyectos, Construcción e Instalaciones*.
- Instituto Tecnológico de Zacatepec. (29 de septiembre de 2017). *Manual del Sistema de Gestión de la Calidad del Instituto Tecnológico de Zacatepec*. (Ficha de operación acto de recepción profesional) Retrieved 22 de febrero de 2021.
- Tecnológico Nacional de México. (3 de septiembre de 2010). *Lineamientos Académico-Administrativos versión 1 para los planes 2009-2010*. Normateca del TecNM: <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>

Tecnológico Nacional de México. (5 de octubre de 2015). *Manual Lineamientos TecNM 2015*. Normateca del TecNM: <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>
Teresa, G. G. (2008). *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*. REICE.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL APARTADO 6 DE LA NORMA ISO 45001:2018 EN UNA INDUSTRIA COSMÉTICA DE MÉXICO APLICANDO LA METODOLOGÍA PHVA

H. Alonso-Jiménez, V.Y. Atala-Campos, E. Contreras-Arzate, C.M. Ambriz-Zavaleta

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx, cecilia.az@zacatepec.tecnm.mx, homero.aj@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN)

Resumen: El presente proyecto tuvo como objetivo cumplir con los requisitos de la norma ISO 45001:2018 en el punto 6 Planificación en el área de Quitaesmaltes de la empresa Industria Cosmética de México. La implementación del punto 6 de la norma, se realizó a partir de la metodología PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), donde se define el proceso a mejorar, se define un plan de acción, se evalúa el proceso, se toman medidas para corregir las desviaciones y se ajusta el plan de acción. Lo cual permitió identificar, eliminar peligros y minimizar los riesgos para la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

La implementación del plan de acción permitió reducir significativamente los riesgos y peligros proporcionando un lugar de trabajo más seguro.

Introducción.

El proyecto se llevó a cabo en la empresa Industria Cosmética de México para dar cumplimiento al apartado 6 de la Norma ISO 45001:2018 la cual establece los requisitos para un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). Su cumplimiento permite a las organizaciones garantizar lugares de trabajo seguros y saludables previniendo las lesiones y el deterioro de la salud relacionados con el trabajo, así como mejorar de manera proactiva el desempeño de la SST. (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2018).

Para lograr el objetivo planteado se desarrollaron las cuatro fases de la metodología PHVA en el área de Quita Esmaltes, ya que, en esta área es en donde se presentaron más incidentes y accidentes, según su bitácora.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Las lesiones en el trabajo o enfermedades laborales son toda lesión física, mental y motriz que sufre un trabajador por cuenta ajena con ocasión o como consecuencia de su trabajo (UGT, 2015).

La Ley Federal del Trabajo en el Artículo 473 define el riesgo de trabajo como los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo de trabajo (Ley Federal del Trabajo, 2019), mientras que el artículo 474 de la misma Ley menciona que “accidente de trabajo es toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte o la desaparición deriva de un acto delincuencia, producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se preste”.

Equipo de Protección Personal (EPP)

El EPP son equipos, piezas o dispositivos que evitan que una persona tenga contacto directo con los peligros de ambientes riesgosos los cuales pueden generar lesiones y enfermedades (Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED), 2019).

Ciclo de mejor continua (PHVA)

El ciclo PHVA es una metodología de mejora de la calidad y la productividad en una organización. Consiste en cuatro etapas: Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Se utiliza para desarrollar un plan objetivo, evaluar los resultados y actuar en consecuencia, es clave usar las herramientas estadísticas de calidad y seguir los ocho pasos en la solución de un problema.

Dentro de los ocho pasos se incluye definir, delimitar y analizar la magnitud del problema: consiste en analizar cómo y dónde se manifiesta, el efecto hacia el cliente y su influencia con la calidad y la productividad. Además, se busca delimitar por escrito el problema de manera clara y, por ende, el objetivo que se requiere en el proyecto y los beneficios que se pueden obtener con la solución. (Gutiérrez, 2010)

Etapa Plan

Industria Cosmética de México busca obtener la certificación en la Norma ISO 45001:2018, cumpliendo en el área de Quita Esmaltes con los lineamientos y requisitos de esta, con el fin de lograr un área de trabajo más seguro.

Se analizó la situación actual de la empresa para conocer las características generales del área de Quita Esmaltes, identificando los factores de riesgo y las condiciones laborales más inseguras. Se procedió a realizar una revisión de la Norma ISO 45001:2018 en el capítulo 6, encontrando que los puntos 6.1.2.1 (Identificación de peligros), 6.1.2.2 (Evaluación de los riesgos para la SST y otros riesgos para el Sistema de Gestión de la SST), y el punto 6.1.4 (Planificación de Acciones) aplican al área de Quita Esmaltes. Posteriormente se identificaron cuáles no cumplían con los requisitos de la Norma.

No se tenían identificados los peligros ni se contaba con una evaluación de riesgos; por ello, se realizó la planeación de las acciones necesarias para darles cumplimiento según los requisitos de la Norma ISO 45001:2018.

Se consideraron dos enfoques: equipos que operan y actividades que se realizan en las cuatro líneas (producción, llenado, acondicionado y almacén). Se describieron los criterios para asignar la evaluación de consecuencia (C), detección (D) y probabilidad (P) con sus respectivos niveles de gravedad. Para calcular la criticidad (Tabla 1) que determina la magnitud del riesgo se utilizó la ecuación $MR=C*D*P$. Dichos criterios y cálculos fueron tomados del procedimiento P-SI-12: Gestión de riesgos, documento interno de la empresa.

Tabla 1. Tabla de criticidad para determinar la MR

Nivel de criticidad	Puntuación			Acción frente al riesgo
Grave	12	A	27	Realizar una acción inmediata
Serio	8	A	11	Establecer una acción correctiva
Leve	1	a	7	No emergente

Dentro de la evaluación de riesgos por equipos, se pudo observar que los equipos que presentan mayor riesgo son: la llenadora y la taponadora por fallas mecánicas debido a la falta de mantenimiento, con su respectivo nivel de gravedad (Figura 1). En la evaluación de riesgos por actividades (Figura 2), se observó que las actividades de mayor riesgo son: Llenado de botellas (exposición a sustancias químicas, carga y movimiento de materiales (problemas musculares), con su respectivo nivel de contacto de sustancias químicas con ojos y piel), movimientos por el área (pisos deslizantes que ocasionan caídas, tropezones, caídas, golpes, por vías de acceso peatonal con demarcación deficiente), desplazamiento de materiales entre máquinas (lesiones menores en las manos que pueden terminar en machucones o fracturas) y la de gravedad.



Figura 1. Evaluación de riesgos por equipo

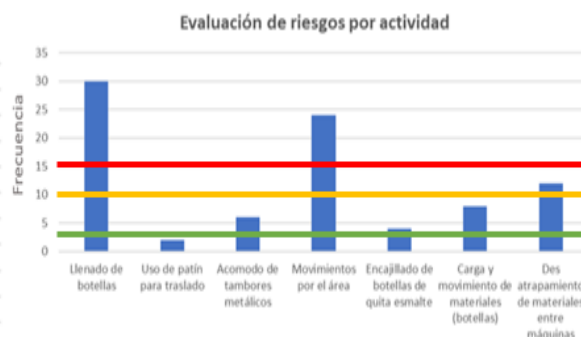


Figura 2. Evaluación de riesgos por actividad

Una vez identificados los riesgos laborales más significativos en el área de Quita Esmaltes y considerando las propuestas con mayor oportunidad de mejora, el tiempo para ejecutarse, y de menor inversión, las propuestas de mejora que se seleccionaron fueron:

1. Implementar un formato de Orden de Mantenimiento Preventivo para las máquinas de Quita Esmalte
2. Delimitar el paso seguro para el personal
3. Colocar cinta antiderrapante en pisos del área de Quita Esmaltes
4. Comunicación y difusión de la manipulación y manejo manual de cargas a todo el personal de Quita Esmaltes
5. Colocar anaquel exclusivo para el Equipo de Protección Personal (EPP)
6. Señalización adecuada de EPP según la actividad a realizar
7. Plan de acción para abordar riesgos y oportunidades

Se realizó una planificación de actividades a desarrollar para la realización de las mejoras propuestas con ayuda de la herramienta 5W Y 1H.

Etapa Hacer

1. Se elaboró un formato de mantenimiento preventivo (Figura 3), el cual incluye las medidas de seguridad, las herramientas con las que se debe revisar, el

máscara contra vapores orgánicos, lente de seguridad, guantes de nitrilo y faja. El EPP en el área de trabajo garantiza que el personal lo use obligatoriamente.

6. Se implementó la señalización adecuada del EPP según la actividad a realizar, se decidió colocar pictogramas que al observarlos los trabajadores recordarán el EPP que corresponde (Tabla 2).



Figura.6. Cartel informativo para levantamiento de carga manual

Tabla 2. Pictogramas seleccionados para señalar EPP en el área de Quinta Esmaltes

Pictograma	Significado	Identificación
	Uso obligatorio de cubrebocas	
	Uso obligatorio de guantes	
	Uso obligatorio de lente de seguridad	
	Uso obligatorio de mascarilla	

7. Se implementó el plan de acción para abordar riesgos y oportunidades; se pudieron identificar los peligros y evaluar los riesgos en las diferentes zonas del área de Quita Esmaltes. Se diseñó un formato (Figura 7) para capturar las evaluaciones y acciones que se tomen cada vez que se lleve a cabo la evaluación de riesgos y oportunidades. Con la elaboración de este formato quedó cubierto el punto 6.1.4 planificación de acciones de la norma ISO 45001:2018.

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS, OPORTUNIDAD Y ACCIONES																	
IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO					EVALUACIÓN DEL RIESGO					RE-EVALUACIÓN DEL RIESGO							
PROCESO/ FUNCIÓN	CLASIFICACIÓN	IDENTIFICACIÓN RIESGO / OPORTUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO / OPORTUNIDAD	FACTOR QUE LO GENERA	MAGNITUD DEL RIESGO		CÁLCULO DE MR	NIVEL DE CRITICIDAD	ACCIONES A SER IMPLEMENTADAS COMO MEDIDAS DE PREVENCIÓN Acciones / Tratamiento / Mitigación	RESPONSABLE	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	FECHA DE PROX EVALUACIÓN	MAGNITUD DEL RIESGO		CÁLCULO DE MR	NIVEL DE CRITICIDAD	
					C	D							C	D			

Figura 7. Formato de la matriz de evaluación de riesgos, oportunidades y acciones.

Etapa Verificar

En esta etapa se observaron los cambios generados a partir de la aplicación de las mejoras en el área de Quita Esmaltes.

En las evaluaciones, se demostró la disminución de riesgos debido a las mejoras que se implementaron, como fueron el uso de cintas antiderrapantes en el área de pisos, capacitación acerca del manejo de cargas manual y la implementación de equipo de protección personal, según las actividades desempeñadas.

Etapa Actuar

Las mejoras realizadas se estandarizaron, mediante capacitación y comunicación al personal, como resultado, el personal tomó conciencia sobre los posibles accidentes y las consecuencias en los equipos utilizados en las actividades desarrolladas en el área de Quita Esmalte. Mediante la ejecución de las mejoras se llevó a cabo la estandarización de los procesos por medio de la observación en el recorrido del área, con la finalidad de verificar el seguimiento de las mejoras.

Se actualizó el formato Entrega de Equipo de Protección Personal (EPP) incluyendo la faja de seguridad para el personal que realiza cargas pesadas, ya que no se encontraba en la descripción del listado de entrega.

El formato Orden de Mantenimiento Preventivo en los equipos del área de Quita Esmaltes fue modificado, en el cual se incluyeron notas que muestran el periodo para la realización del mantenimiento a cada equipo.

Resultados y Discusión.

Con la utilización de la metodología PHVA se pudo realizar el análisis de la problemática la cual permitió guiar hacia la elaboración e implementación de los formatos mencionados en este trabajo. Se pudieron identificar los peligros, evaluar, reevaluar y gestionar los riesgos para dar cumplimiento al punto 6.1.2 Identificación de peligros y evaluación de los riesgos y oportunidades en los apartados 6.1.2.1 y 6.1.2.2. de la norma ISO 45001:2018.

Para el punto 6.1.4 “Planificación de acciones” con ayuda de la herramienta 5W y 1H, se implementaron las mejoras aprobadas y se elaboró el formato: matriz de evaluación de riesgos, oportunidades y acciones.

Se reflejaron cambios benéficos, el primero en el nivel de criticidad; los equipos y actividades cambiaron el riesgo de rojo a verde (grave a leve) y el segundo, se refleja en la calificación de magnitud de riesgos (MR) ya que esta disminuyó gracias a las mejoras aplicadas. Ver figuras 8 y 9.

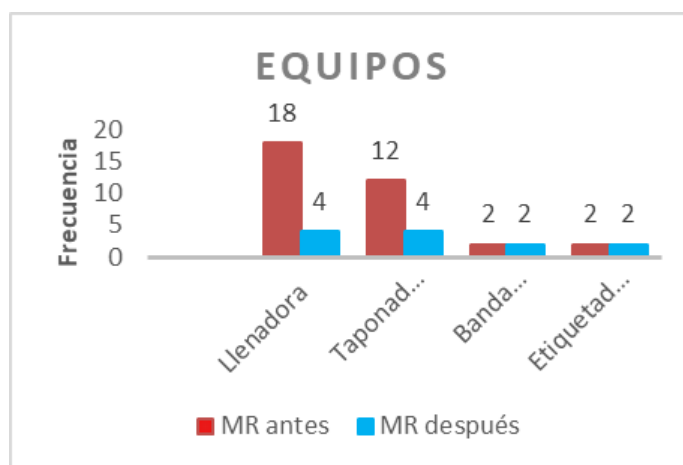


Figura 8. Evaluación y reevaluación por equipos

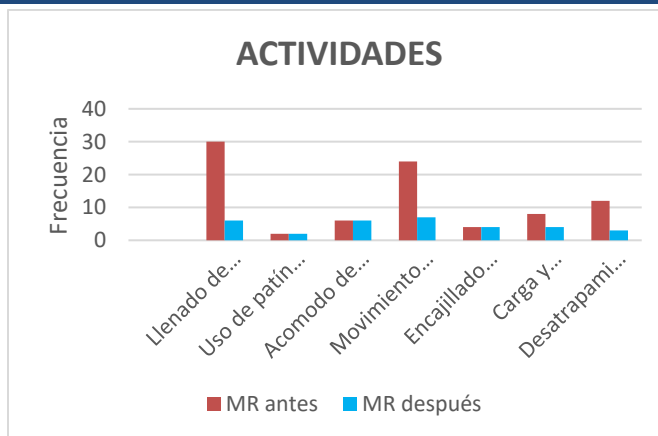


Figura 9. Evaluación y reevaluación de riesgos de riesgos por actividades

Se dio cumplimiento al requisito 6 Planificación de la Norma ISO 45001:2018, lo cual permitió disminuir los riesgos y peligros en la Industria Cosmética de México, en el área de Quita Esmaltes.

Conclusiones.

Se implementaron las mejoras para dar cumplimiento al punto 6 de la Norma ISO 45001:2018 en la Industria Cosmética de México, lo cual permitió la prevención de lesiones y deterioro de la salud relacionado al trabajo del personal, así como proporcionar un lugar de trabajo más seguro y saludable.

Se debe dar seguimiento a las mejoras implementadas y mantener los resultados positivos, al igual que, tener un enfoque de mejora continua para identificar áreas de oportunidad dentro del área de Quita Esmaltes.

El utilizar la metodología PHVA permitió identificar, eliminar peligros y minimizar los riesgos para la SST.

Agradecimientos.

Agradecimiento a la empresa Industria Cosmética de México, por las facilidades y apoyo otorgado para llevar a cabo este proyecto.

Referencias.

- Castillo, L. (2019). El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo. Universidad Militar Nueva Granada.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (11 de junio de 2019). ¿Sabes qué es el Equipo de Protección Personal (EPP)? <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/sabes-que-es-el-equipo-de-proteccion-personal-epp>.
- Gutierrez, H. (2010). Calidad total y productividad. Ed. McGraw-Hill.
- Ley Federal del Trabajo. (2019). En D. O. Federación, Ley Federal del Trabajo (pág. 331). Ciudad de México, México : Ley Federal del Trabajo.
- Molina, R., Rossit, D., & Álvarez, A. (2021). Mejora de procesos en la gestión mediante implementación en empresa de servicios. CONICET(49), 62-80.

- Patiño, I. (2018). Aplicación del enfoque basado en riesgos al proceso de estabilidad de medicamentos con base a la Norma ISO 9001:2015. [Trabajo para Titulación, Instituto Politécnico Nacional Escuela Nacional De ciencias Biológicas].
- Salazar, A., Piedad, L., Chacón, J., Acosta, B., & Álvaro, F. (2018). Modelo estratégico integral para el proceso de salud ocupacional con énfasis en gestión del conocimiento aplicado en la empresa Francesk, belleza a flor de piel. [Diplomado en Gerencia, Universidad Nacional Abierta Y A Distancia].
- UGT. (2015). Portal de los Riesgos Laborales de los trabajadores de la Enseñanza. Obtenido de <https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/portal-preventivo/enfermedades-profesionales-del-sector/introduccion/>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

APLICACIÓN DE LENGUAJE CONVERSACIONAL, VERIFICACIÓN Y AJUSTE DE HERRAMIENTAS DE CORTE, EN CENTRO DE TORNEADO DE CONTROL NUMÉRICO, EN LA ENSEÑANZA DE LA MANUFACTURA AVANZADA.

E. López-Alarcón, M. Serrano-Fragoso, Y. E. González-Navarro y P. N. Cortez-Herrera

Instituto Politécnico Nacional – Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (IPN-UPIITA), Avenida Instituto Politécnico Nacional No. 2580, Col Barrio la Laguna Ticomán, Gustavo A. Madero, Ciudad de México – erlopeza@ipn.mx, mserranof@ipn.mx, ygonzalezn@ipn.mx, pcortez@ipn.mx

Área de participación: MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN)

Resumen: La enseñanza de los procesos de manufactura sigue representando un alto nivel de conocimiento dentro de las competencias de naturaleza práctica que toda ingeniería en el ámbito de la transformación requiere, y no son la excepción los procesos de manufactura por arranque de viruta, en donde enfocamos el interés por desarrollar este artículo, en el cual se muestra la importancia de abordar procesos por arranque de viruta utilizando sistemas de programación en control numérico utilizando un lenguaje conversacional, así como también sistemas de medición y verificación de herramientas de corte a bordo de máquina, que lleve al alumno a realizar un análisis de optimización de herramientas y procesos, en donde por consecuencia adquiera un conocimiento que lo orille a los conceptos de manufactura esbelta, utilizando sistemas y equipos de última generación.

Introducción.

Ante los avances tecnológicos inmersos en el ámbito de la manufactura, aunado a la formación de ingenieros en cuales trayectorias académicas implica la práctica de la manufactura, es de vital importancia implementar los métodos de enseñanza en la práctica de la manufactura en el aula, es importante mencionar que hoy en día la práctica de la manufactura en las instituciones de educación superior, sigue contando con deficiencias desde el punto de vista pedagógico y de infraestructura, más sin embargo la intención de este artículo no es evidenciar lo que la experiencia docente nos ha indicado. En la experiencia propia, este artículo está basado en un proceso de enseñanza de la manufactura por arranque de viruta, que hoy en día desarrollamos y aplicamos en la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, del Instituto Politécnico Nacional, en especial en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, en donde las unidades de aprendizaje relacionadas con los procesos de manufactura por arranque de viruta son: Procesos de manufactura básicos y Procesos de Manufactura Avanzados.

Por lo tanto, es indispensable que el alumno haya cursado la unidad de aprendizaje de procesos de manufactura básicos, en la cual ha obtenido los conocimientos básicos necesarios que lo complementaran para un mejor análisis en los procesos avanzados de manufactura, el cual es el caso que se abordará en este artículo.

Producción esbelta, también conocida como sistema de producción Toyota, quiere decir hacer más con menos, menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos, menos maquinaria, menos materiales, siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea. Dos importantes libros popularizaron el termino de esbelto (lean): *the machine That Changed the World*, de James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, publicado en 1991 por Simon & Schuster. *Lean Thinking*, de James Womack y Daniel Jones, publicado en 1996 por Simon & Schuster. Ellos fueron los que bautizaron al sistema con el nombre de Lean Manufacturing, y es un conjunto de técnicas que Toyota había venido trabajando en sus plantas por décadas, con el fin de eliminar los desperdicios dentro de sus procesos de producción (Villaseñor, 2007).

En el presente trabajo, nos enfocamos en transmitir una filosofía de manufactura esbelta a nuestros alumnos, ya que estaremos trabajando con equipo de última generación como lo es un centro de torneado de control numérico con herramientas vivas, (DMG MORI CLX 350), en el cual utilizaremos un lenguaje de programación conversacional, que nos permite realizar un tiempo de puesta a punto y programación muy corto y más intuitivo, a diferencia de otros controles como FANUC, o HAAS, a su vez que nos permite realizar una medición de herramienta con la precisión de un sensor optoeléctrico, aunado a estos procedimientos, también realizaremos verificaciones de desgaste de herramientas de corte, lo cual nos permite evaluar la vida útil de dichas herramientas, permitiéndonos supervisar la calidad de superficies maquinadas, contribuyendo al ahorro de tiempo y generación de desperdicios por piezas fuera de especificaciones dimensionales.



Imagen 1. Centro de Torneado DMG MORI



Imagen 2. Cabezal con doce herramientas

En la imagen 1 se muestra nuestro centro de torneado DMG MORI CLX 350, con su pantalla de usuario, el cual opera con un control sinumerik 840D conversacional, en el cual realizaremos los procesos correspondientes a nuestra práctica en estudio y la imagen 2, nos muestra un cabezal con capacidad de 12 herramientas en posición radial y axial, que nos permite realizar todas las operaciones de torneado existentes.

Dentro de la filosofía de manufactura esbelta, se contempla el reducir tiempos, espacios, y por consecuencia desperdicios, por lo tanto, uno de los aspectos empleados en nuestra práctica es la verificación con precisión de las posiciones iniciales de nuestras herramientas, auxiliándonos de un sistema de medición optoeléctrico, montado dentro de la propia máquina, así como también el análisis del desgaste de las herramientas de corte, que nos permite predecir la vida útil de la misma.



Imagen 3. Microset de medición e imagen.



Imagen 4. Brazo de medición de herramientas

En la imagen 3, se muestra nuestro equipo Microset de la marca HAIMER modelo UNO 20/XX, el cual nos permite realizar mediciones en geometrías de las herramientas de corte, por el método de comparación, utilizando un haz de luz láser, así como también captar imágenes que nos permitan visualizar los defectos en las herramientas después de su uso, bajo distintas condiciones de trabajo. Posteriormente en la imagen 4 se observa el brazo de medición de posicionamiento de herramientas de corte, el cual tiene la capacidad de detectar hasta .001 mm en la posición del eje Z, y de igual manera en la posición del eje X, permitiéndonos conocer alguna alteración geométrica por causa de desgaste, filos crecidos, o reposicionamiento de las herramientas de corte.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Estructura de la programación

Un programa en control numérico computarizado puede considerarse como una sucesión de procedimientos previamente analizados y establecidos en un arreglo lógico, de tal manera que el alumno o la persona que realice dicha programación establezca una especie de mapa mental del proceso de manufactura a programar. Dentro de la programación en control numérico en maquinaria de carácter industrial, existe muy poco margen en la flexibilidad de ordenes establecidas dentro de un programa, por lo tanto, cada una de las instrucciones debe estar imaginada en el pensamiento espacial del programador, aunado a esto, hoy en día los softwares representan un papel muy importante en la programación ordenada, ya que con

estos es posible la simulación previa de cada una de las ordenes programadas (Cruz, 2011).

Bien, centrándonos ya en el aspecto técnico, se analizarán los diferentes sistemas y estructuras de programación.

En la experiencia adquirida podemos concluir que un proceso de manufactura por arranque de viruta, al utilizar programación en control numérico, siempre debemos establecer tres aspectos importantes: 1.-Geometrias debidamente acotadas. 2.- Parámetros propios del proceso d emanufactura.3.- el tipo de control y estructura de la programación, de tal manera que lo podemos enlistar de la siguiente manera:

Datos geométricos

- Datos dimensionales del control final.
- Descripción de los movimientos de la herramienta.
- Posicionamiento en área de trabajo del cero y puntos de referencia necesarios.

Datos tecnológicos

- Datos de la herramienta
- Condiciones de corte (velocidad, avance, etc.)
- Funciones auxiliares de máquina (refrigeración, giros, etc.)

La programación según el tipo de estructura puede dividirse en:

- Programación estructural
- Programación abierta

Programación estructural

Este tipo de programación podríamos decir que es la forma en la cual los programadores en control numérico empezamos a conocer y estructurar las funciones de los códigos alfanuméricos, incluyendo un número de línea, como lo muestra la tabla 1.

Un ejemplo de estructura se puede ver en la siguiente tabla que utiliza el fabricante EMCO.

Tabla 1.- Programación estructural

N	G	X	Y	Z	M
001	00	200	120		
002	01	210	140		03
003	90				
004	01	210	140	-12	05

Pensaríamos que este tipo de estructura es demasiado rígida, ya que cada parámetro conserva un espacio en la tabla, el cual debe respetarse.

Programación abierta

Es el tipo de programación más utilizada por los fabricantes de controles, en este tipo de programación se nos permita utilizar líneas con hasta 250 caracteres, no es necesario colocar un número de línea, y una de las reglas básicas es el no declarar dos códigos del tipo M en la misma línea, entre los fabricantes más reconocidos podemos encontrar a HAAS, FANUC, etc.

Según la forma de introducción de datos se puede dividir en:

- Programación estándar.
- Programación conversacional.
- Programación mixta.

Programación estándar:

Es el tipo de programación que mejor conocimiento de las órdenes de programación, ya que es necesario conocer el significado de códigos alfanuméricos G,M, así como también la experiencia en la selección y cálculo de parámetros de manufactura.

Programación conversacional:

Justo es el tipo de programación que presentamos en este trabajo, y consiste en programar desde una perspectiva de dialogo con el control, basta con tener conocimiento en el manejo de maquinaria convencional, tener buenas prácticas en metrología mecánica, para poder operar este tipo de control, que como ya lo hemos descrito, se establece un dialogo operario- máquina, respetando una secuencia, en la cual el operario solo se encargará de introducir datos no codificados, de tal manera que no es necesario el conocimiento de los códigos alfanuméricos de programación (Cruz, 2011).

Este control se basa en el llenado de encabezados de un programa, es como utilizar una plantilla en la cual se requiere solo vaciar datos como: diámetro inicial de la pieza, longitud efectiva de maquinado de la pieza, tipo de herramienta a utilizar, sistemas incrementales o absolutos. En cuanto a la generación de contornos o trayectorias de las herramientas, de igual forma trabaja con una plantilla generalizada que nos permite realizar variantes en radios, diámetros, longitudes, profundidades de corte, velocidades de corte y demás parámetros (Cruz, 2011).

Programación mixta:

Hoy en día existen controles que cuentan con los dos tipos de programación anteriormente descritas, tal es el caso de nuestro control sinumerik que el fabricante Siemens nos ofrece, cabe señalar que en nuestro caso lo más atractivo en la parte conversacional del control (Cruz, 2011)

Nuestro caso de estudio se refiere al tipo de programación conversacional, en donde el alumno interactúa con la interfaz de usuario – máquina, cumpliendo con todos los requisitos anteriormente descritos, cabe señalar que los conocimientos previamente adquiridos por el alumno en procesos básicos de manufactura, le permitirán sin ningún problema interactuar con este tipo de control conversacional.



Imagen 5.- pantalla de control principal

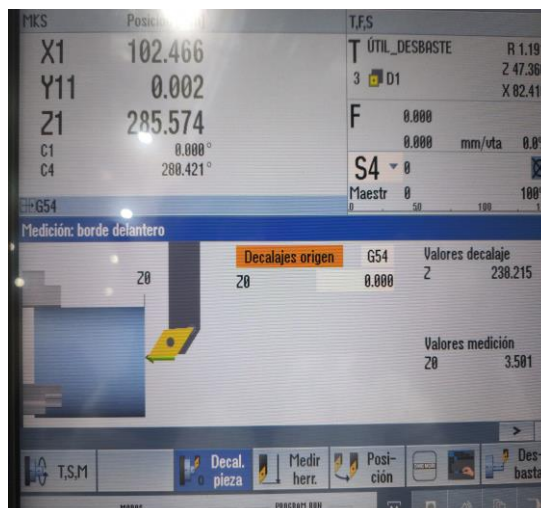


Imagen 6.- pantalla decalaje de pieza.

En la imagen 5, podemos observar el interfaz usuario máquina, la cual cuenta con todas las funciones en forma gráfica, transmitiendo al alumno una imagen o símbolo cuya interpretación permite una planeación muy intuitiva de la programación, así mismo en la imagen 6, el control nos ofrece de forma gráfica y explícita, la ubicación y registro direccional del cero pieza ubicado en el eje z, y que este a su vez es registrado solo una única vez en la cara de trabajo de la pieza a maquinarse.

Continuando con lo intuitivo del control, pasamos a una fase de medición de herramientas de corte, esto con la finalidad de que el alumno comprenda el concepto de altura de herramienta, que no es otra cosa que la posición inicial que interpretará el control, para que cada herramienta pueda dirigirse de manera parametrizada hacia la superficie de trabajo, cabe señalar que nuestro sistema de medición de herramientas está equipado con un sensor optoelectrónico que nos permite palpar con precisión los contactos de las herramientas en los ejes Z,X respectivamente y que se encuentra montado dentro de nuestro centro de torneado, contribuyendo a un ahorro de espacio, tiempo de recorrido de las herramientas.



Imagen 7.- medición optoelectrica de herramienta



Imagen 8.- simulación en 3D de maquinado.

En la imagen 7, podemos observar el proceso de medición física de herramientas de corte para torneado, el cual se realiza, como ya lo hemos mencionado con la ayuda de un brazo de medición integrado a la propia máquina y cuya adquisición de datos es en forma automática, tomando en cuenta el desgaste de las herramientas de corte, en la imagen 8 el control nos ofrece una simulación en 3D del proceso de corte de cada herramienta, en función de los parámetros capturados por el operario, ayudando esta simulación a verificar las trayectorias seguras de las herramientas de corte.



Imagen 9.- inserto trigón Después de uso.

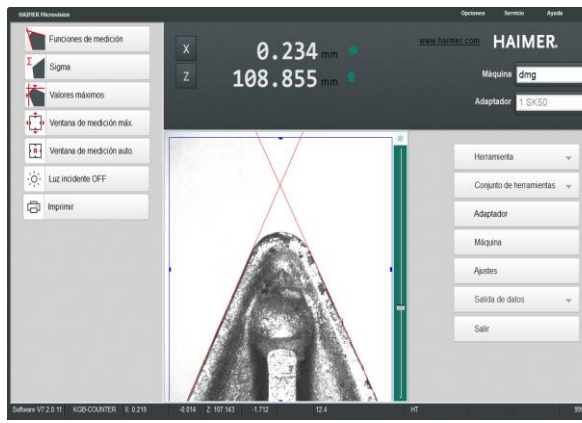


Imagen 10.- inserto rómbico después de uso

Como parte última de nuestro proceso de manufactura, nos damos a la tarea de analizar con la ayuda de nuestro equipo preset, el desgaste de nuestros insertos de corte, como lo muestran las imágenes 9 y 10, en donde observamos el desgaste de un inserto trigón y un inserto rómbico respectivamente, se puede observar las incrustaciones de metal de Aluminio.

Resultados y Discusión.

Todo proceso de manufactura espera como resultado un producto terminado que cumpla con todos los requerimientos planeados, por lo tanto en la imagen 11, mostramos que se llega aun resultado tangible, el cual es posible de verificar dimensionalmente.



Imagen 11.- medición de producto terminado.

Conclusiones: los lenguajes conversacionales como instrumento de programación en control numérico, simplifican muchas operaciones y por lo tanto tiempo de programación y análisis, respecto de otros controles, los sistemas de medición y de verificación de herramientas integrados al equipo, nos permiten planear la manufactura con los mínimos de errores.

Agradecimientos.

Las autoras y el autor de este trabajo agradecen al Instituto Politécnico Nacional por las facilidades otorgadas.

Referencias:

- Cruz Teruel, Francisco. Control Numérico y Programación II, Ediciones Marcombo, 2011, Edición 2, ISBN: 978-84-267-1595-1.
- Villaseñor Contreras, Alberto. Manual de Lean Manufacturing guía básica, Editorial Limusa, 2007, Edición 1, ISBN: 9789681869755.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

REDUCCIÓN DE RECLAMACIONES INTERNAS EN EL ÁREA DE ENVASADO EN UNA EMPRESA DE EMPAQUES DE CARTON MEDIANTE EL CICLO DE DEMING

H. Alonso-Jiménez, M.E. Rendón-Solís, V.Y. Atala-Campos, E. S. Arriaga-Ambriz

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- homero.aj@zacatepec.tecnm.mx,
victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN)

Resumen: El presente proyecto tuvo como objetivo la reducción de reclamaciones internas del área de envasado o área de empaque final mediante la implementación de la metodología del Ciclo de Deming o también llamada Ciclo PDCA. Se utilizaron herramientas de la calidad como diagrama de Pareto, el cual permitió la identificación de los productos con mayor número de reclamos y mayor impacto en el aspecto económico. Posterior a ello, se utilizó la herramienta de estratificación con la cual se identificaron las causas principales de quejas por devolución; adicionalmente, se realizó una tormenta de ideas, con la participación del personal encargado de producción, con ello se pudo citar las posibles causas de la problemática bajo estudio. Con base en las causas que provocaban las reclamaciones internas del área de empaque final, fueron evaluadas de acuerdo a la importancia que correspondía, así como las de mayor impacto. Se elaboró un diagrama de Ishikawa para identificar las principales causas de las reclamaciones internas como “la mala comunicación interna” y “la falta de instructivos de trabajo actualizados para la operación del envasado final”. Finalmente, la implementación de mejoras mediante la metodología empleada del ciclo PDCA, tanto en la comunicación interna, así como en los instructivos de trabajo en el empaque final para el correcto embalaje de los productos, se logró reducir al 100% las reclamaciones internas en el último semestre estudiado, generando así un ahorro económico.

Introducción.

Las quejas o reclamos son un área de oportunidad para las organizaciones ya que ofrecen información sobre los elementos que la organización debe mejorar para aumentar la satisfacción de sus clientes. Un cliente insatisfecho del cual no se toma en cuenta su opinión probablemente dejará de confiar en su proveedor y generalmente decidirá ir con la competencia, es por ello la importancia de aceptar sus sugerencias y reclamos, ya que esto permite que la empresa siga mejorando.

Las organizaciones deben dar la misma importancia tanto al cliente interno como al externo ya que anteriormente la satisfacción del cliente externo era el único indicador para conocer cómo los productos o servicios de una empresa cumplían con las especificaciones.

Con base a las premisas establecidas anteriormente, se identificaron las problemáticas de la empresa citada en este caso de estudio para poder reducir el número de reclamaciones internas en el área de empaque final. Se utilizó la metodología del ciclo de Deming o ciclo PDCA como una alternativa para buscar y dar solución a dicha problemática.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Cliente interno

El cliente interno es aquel miembro de la organización, que recibe el resultado de un proceso anterior, llevado a cabo en la misma organización, a la que podemos concebir como integrada por una red interna de proveedores y clientes (Salinas, 2014).

Reclamaciones

Una reclamación es una expresión de insatisfacción hecha a una organización con respecto a sus productos o servicios que ofrece. Es decir, cuando no se cumple con el compromiso establecido con el cliente. Por lo tanto, con la reclamación se pide o pretende algún tipo de compensación o solución rápida (ISO Tools, 2017).

Ciclo de Deming o Ciclo de mejora continua (PDCA)

El ciclo PDCA es una metodología de mejora de la calidad y la productividad en una organización. Consiste en cuatro etapas: Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Se utiliza para desarrollar un plan objetivo, evaluar los resultados y actuar en consecuencia, es clave usar las herramientas estadísticas de calidad y seguir los ocho pasos en la solución de un problema.

Dentro de los ocho pasos se incluye definir, delimitar y analizar la magnitud del problema (figura 1): consiste en analizar cómo y dónde se manifiesta, el efecto hacia el cliente y su influencia con la calidad y la productividad. Además, se busca delimitar por escrito el problema de manera clara y, por ende, el objetivo que se requiere en el proyecto y los beneficios que se pueden obtener con la solución. (Gutiérrez, 2010)



Figura 1. Ciclo PDCA y los ocho pasos para la solución de problemas.

Fuente: Elaboración propia.

Etapas Plan

Definir, delimitar y analizar la magnitud del problema

El problema que se abordó es la reducción en el número de reclamaciones de los productos manufacturados en la máquina moldeadora “Z”, mediante el uso de un diagrama de Pareto se identificó cuál de los productos es el que tenía mayor número de reclamaciones y que a su vez generaba mayor impacto en términos económicos (Figura 2).

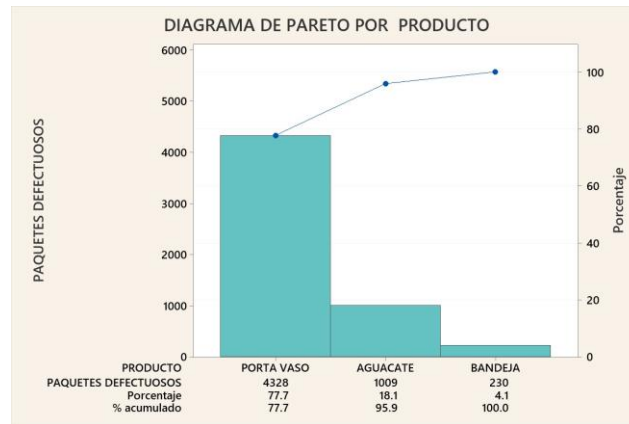


Figura 2. Diagrama de Pareto

Buscar todas las posibles causas

Mediante una lluvia de ideas, que involucró la participación del encargado de producción y jefes de turno, se listaron todas las posibles causas de la problemática.

Investigar cuál es la causa más importante

Una vez detectadas las causas que provocaban las reclamaciones internas, fueron evaluadas mediante una ponderación de acuerdo con la importancia que se les atribuía, determinando así aquellas que generaban un mayor impacto y se procedió con la elaboración del diagrama de Ishikawa (figura 3).

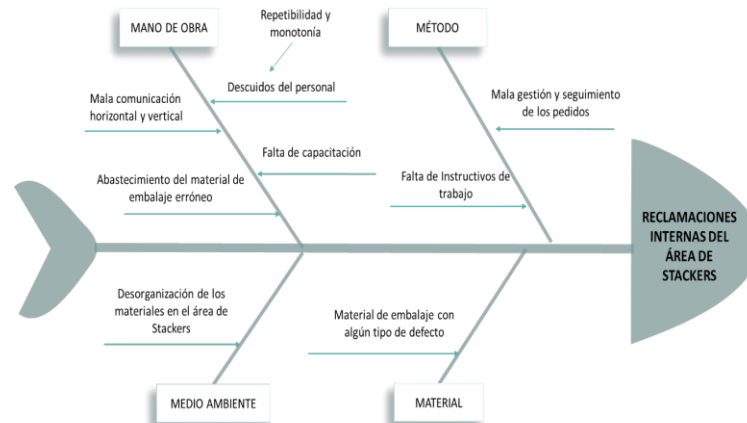


Figura 3. Diagrama de Ishikawa (D.I).

Considerar las medidas remedio

Mediante el uso de la técnica de los 5 porqués (Tabla 1) se propusieron las posibles soluciones para las causas encontradas en el D.I, posteriormente, se realizó una junta con el personal involucrado dando a conocer dichas propuestas y mediante una ponderación cuantitativa se determinó la prioridad de las ideas propuestas anteriormente. Por consiguiente, se generó el plan de acción de mejora.

Tabla 1. Técnica de los 5 porqués.

Planteamiento del problema	W1	W2	W3	W4	W5	Solución propuesta
¿Por qué hay reclamaciones internas en el área de empaque final?	Porque hay mala comunicación horizontal y vertical.	¿Por qué hay mala comunicación horizontal y vertical? Porque no hay buenos canales de comunicación que faciliten la transmisión de la información sobre los pedidos de los clientes.	¿Por qué no hay buenos canales de comunicación? Porque no hay un medio comunicación en el que el lugar de trabajo que exprese las especificaciones de los pedidos del cliente y que sea visible.			Crear un tablero (panel) donde se reflejen de forma clara los requerimientos de los pedidos de los clientes y a su vez sirva de guía a los trabajadores, supervisores de turno, directivos, etc.
	Porque hay descuidos del personal.	¿Por qué hay descuidos del personal? Porque hay falta de concientización sobre el impacto que tienen los operadores en la calidad de los productos.	¿Por qué hay falta de concientización en los operadores? Porque existe falta de sentido de pertenencia.			Brindar una platica/ conferencia a los trabajadores sobre la importancia de su trabajo.
	Porque hay falta de capacitación.	¿Por qué hay falta de capacitación? Porque no existe un programa de capacitación establecido.	¿Por qué no existe un programa de capacitación establecido? Porque no hay apoyo por parte de la gerencia.			Preparar una propuesta de un plan de capacitación mencionando beneficios a largo plazo.
	Porque existe confusión en la recepción de pedidos.	¿Por qué existe confusión en la recepción de pedidos? Porque no existe claridad en la información del pedido recibido.	¿Por qué no existe claridad en la información recibida? Porque muchas veces omiten datos relevantes sobre el pedido.	¿Por qué se omiten datos relevantes sobre el pedido? Porque no existe un formato establecido.		

Etapas Hacer

Poner en práctica las medidas remedio

En este paso se implementó un tablero (panel) de control (figura 4) que permitió mejorar la comunicación horizontal y vertical en cuanto al estatus de los diferentes pedidos, características y materiales requeridos para su producción, se desarrollaron además los instructivos de trabajo correspondientes a la operación de embalaje de los distintos

productos, así como, se elaboraron las ayudas visuales para prevenir errores durante el embalaje y garantizar la calidad de los productos.

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN									
FECHA DE ENTREGA:									
FECHA	PO	CÓDIGO	PRODUCTO	MATERIAL DE EMPAQUE	CANTIDAD SOLICITADA	CANTIDAD FABRICADA POR TURNO			CANTIDAD FABRICADA
						1	2	3	
OBSERVACIONES:									

Figura 4. Parte frontal del tablero de Control

Etapa Verificar

Revisar los resultados obtenidos

En esta etapa se procedió a verificar si las acciones llevadas a cabo solucionaron las causas que originaron el problema. Para ello, se recolectaron los datos necesarios para medir los resultados del proceso antes y después de la mejora implementada.

Etapa Actuar

Prevenir la recurrencia del problema

En esta etapa se determinó como actividad, impartir una plática para concientizar al personal involucrado en el área de empaque final, con la finalidad de prevenir la recurrencia del problema.

Conclusión

En este apartado se realizó un diagnóstico final que resume los objetivos alcanzados y se plantea el trabajo a futuro.

Resultados y Discusión.

De acuerdo al objetivo planteado al inicio del proyecto, se implementó un tablero (panel) de control, instructivos de trabajo, así como, se elaboraron ayudas visuales para eliminar la mala comunicación en el proceso de envasado final. Con ello se logró alcanzar el objetivo planteado reduciendo las reclamaciones internas (Figura 5) y se generó un ahorro sustancial en la empresa, que por motivos de confidencialidad no se permitió mostrar.

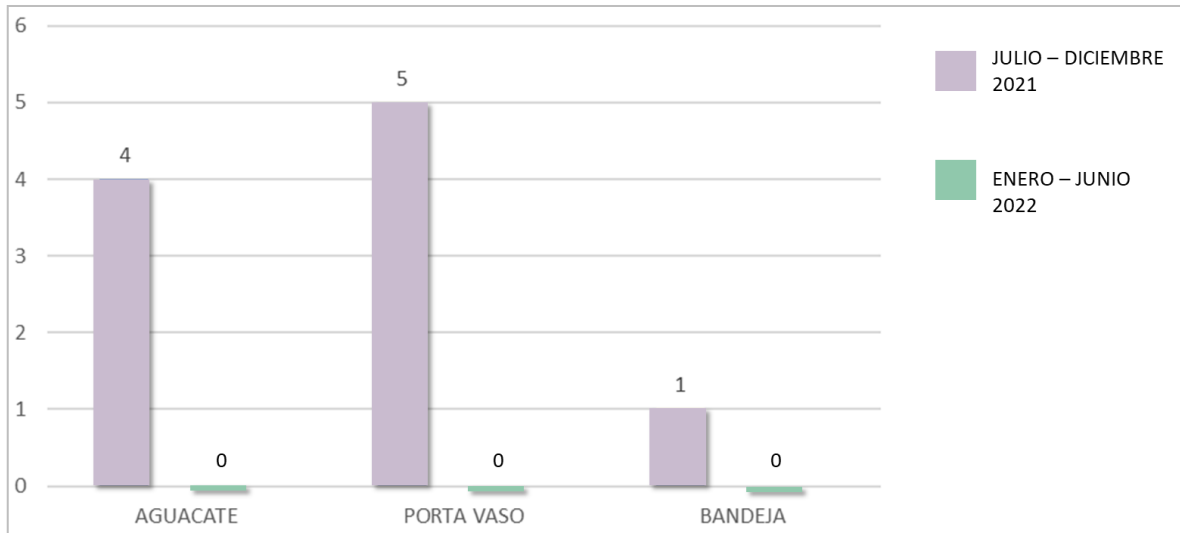


Figura 5 .Comparación del número de reclamaciones internas semestre julio - diciembre 2021vs. enero - junio 2022

Conclusiones.

La comunicación interna es primordial para lograr el éxito empresarial, es por ello que fue de suma importancia gestionar la comunicación interna de la mejor manera posible, con el fin de alinear tanto horizontal como verticalmente los esfuerzos de los colaboradores para los objetivos de producción y así, evitar la restitución de los productos debido a las reclamaciones internas.

La implementación del tablero (panel) de control, los instructivos de trabajo y las ayudas visuales, fueron los medios que permitieron mejorar el factor de las reclamaciones internas. Solventado estos aspectos se logró alcanzar el objetivo planteado, consiguiendo la reducción del número de reclamaciones internas en el área de empaque final.

Agradecimientos.

Agradecimiento a la empresa de empaques de carton, por las facilidades y apoyo otorgado para llevar a cabo este proyecto.

Referencias.

Arleco (s.f). Etiquetas de Productos: ¿Qué Contienen?, Funciones, Importancia y Ejemplos [Actualizado]. Recuperado de: <https://www.arlecoproducciones.com/etiqueta-de-un-producto-que-contiene-funciones-importancia-yejemplos/#:~:text=La%20etiqueta%20de%20un%20producto,hora%20de%20convencer%20al%20cliente.>

Beetrack (s.f). Embalaje y empaque: tipos, ejemplos, funciones y diferencias. Recuperado de: <https://www.beetrack.com/es/blog/embalaje-y-empaque-tipos-ejemplos-funciones-diferencias>

BLUEMARA (2018). Clientes internos y externos: ¿Cuál es la diferencia? Recuperado de:

- <https://bluemasolutions.com/clientes-externos-internos/#:~:text=Los%20clientes%20internos%20no%20necesitan,producto%20a%20su%20cliente%20final> CIMATIC (s.f). Códigos de barras. Recuperado de: <https://cimatic.com.mx/codigo-de-barras/#%C2%BFComo hacer un codigo de este tipo>
- CIMATIC (s.f). Tableros de control ¿Es posible mejorar sin medir el progreso? Recuperado de: <https://cimatic.com.mx/tableros-de-control-es-posible-mejorar-sin-medir-el-progreso/>
- Cortés G. (2017). Conoce los tipos y clases de etiquetas de un producto. Recuperado de: <https://www.informabl.com/conoce-los-tipos-y-clases-de-etiqueta-en-un-producto/>
- ExpertsAcademy (2020). Brainstorming. Recuperado de: <https://expertsacademy.es/blog/brainstorming/>
- Godás L. (2006). El producto. Identidad, innovación y ciclo de vida. Recpuerado de: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-el-producto-identidad-innovacion-ciclo-13089138#:~:text=Es%20la%20identificaci%C3%B3n%20de%20distintos,el%20nombre%20y%20el%20logotipo.&text=T%C3%A9nicamente%2C%20es%20la%20forma%20en,contener%2C%20envolver%20o%20protegerlo%20f%C3%ADsicame> nte.
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (2.^a ed., p. 140, 144, 148, 159). Mexico D.F: Mcgraw-hill/interamericanaeditores, S.A. de C.V.
- Gutierrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad* (3.^a ed., p. 177, 178, 179, 181, 191-198). Mexico D.F: Mcgraw-hill/interamericana editores, S.A. de C.V.
- Herrera P. (2021). Gestión visual para trabajar de manera más eficiente. Recuperado de: <https://www.sage.com/es-es/blog/gestion-visual-para-trabajar-de-manera-mas-eficiente/>
- IsoTools (2017). istema de gestión de quejas y reclamaciones. Recuperado de: <https://www.isotools.org/2017/11/27/sistema-de-gestion-de-quejas-y-reclamaciones/#:~:text=Es%20la%20disconformidad%20o%20expresi%C3%B3n,Reclamaci%C3%B3n>.
- Luco A. (2018). Como utilizar un tablero de control. Recuperado de: <https://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/como-utilizar-un-tablero-de-control-en-la-empresa>
- MECALUX (2020). Tipos de embalaje en logística: primario, secundario o terciario. Recuperado de: <https://www.mecalux.com.mx/blog/tipos-de-embalaje-primario-secundario-terciario>
- Orozco R. (s.f). Tableros de control ¿qué son? ¿Cómo diseñarlos? ¿Dónde usarlos? Recuperado de: <https://gestion.pensem.com/tableros-de-control-que-son-disenarlos-donde-usarlos>
- Paez G. (s.f). Embalaje. Recuperado de: <https://economipedia.com/definiciones/embalaje.html#:~:text=El%20embalaje%20es%20el%20material,el%20almacenamiento%20y%20el%20traslado>.
- Rodriguez J. (s.f) ¿Qué es un cliente? Definición e importancia en las empresas. Recuperado de: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-un-cliente>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA SABOR CHEPINA S. DE R.L. DE C.V.

S. Castrejón-Pérez, F. Juárez-Herrera, J. C. Flores-Cabrera, y M. Lozano-Santiago

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, Carret. Nal. Iguala-Taxco, Esq. Periférico Norte Col. Adolfo López Mateos Infonavit C.P. 40040, Iguala de la Independencia, Guerrero, México [sofia.castrejon@iguala.tecnm.mx](mailto:safia.castrejon@iguala.tecnm.mx), francisco.juarez@iguala.tecnm.mx, jcesar.flores@iguala.tecnm.mx, 18670172@iguala.tecnm.mx

Área de participación: MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN)

Resumen. El presente trabajo se deriva de un estudio realizado en la empresa SABOR CHEPINA S. de R.L. de C.V., con el propósito de efectuar un análisis que permitió identificar oportunidades de mejora en el proceso de producción de mole verde en polvo, a través de la aplicación de la metodología SMED en conjunto con el estudio de tiempos y movimientos, como consecuencia de ello se pudieron identificar las actividades que requerían modificarse para poder incrementar la eficiencia, logrando reducir el tiempo en la etapa de molienda de la materia prima, y al mismo tiempo hacer más eficientes las actividades que se realizan en dicha etapa. Cabe mencionar que como resultado de la aplicación de dichas herramientas de la Ingeniería Industrial se logró la detección de las actividades que representan tiempos muertos, para posteriormente definir e implementar una propuesta que permita reducir y/o eliminar en su totalidad los retrasos en la producción en el proceso de elaboración del mole verde, uno de los principales productos que realiza la empresa.

Introducción

En la actualidad, las empresas de cualquier tipo, viven en un mercado altamente cambiante, las nuevas tecnologías, los gustos variables del consumidor hacen que las empresas deban disponer de organizaciones ágiles para poder enfrentarse a esta serie de cambios. Dentro de las capacidades que toda empresa competitiva debe poseer es la rápida respuesta a la demanda, para conseguirlo, es importante que los negocios desarrollen una nueva forma de trabajo que acelere el proceso productivo, este nuevo método se denomina optimización, el cual se puede aplicar en cualquier departamento dentro de la organización.

El presente trabajo se enfoca principalmente en la optimización de procesos en el área de producción de mole verde en polvo. En teoría, esta ideología permite reducir esfuerzos y tiempo en la ejecución de las actividades, dando como resultado una estandarización y normalización en las actividades dentro del proceso de producción por lo tanto aumenta la productividad y la rentabilidad de la empresa, también hace posible la rápida respuesta a los consumidores finales.

Cabe mencionar que el proceso de mejora no tiene un límite, siempre existe la oportunidad de cambiar, eso es lo que mantiene viva una empresa dentro de este mundo lleno de competencia y con ganas de lograr mayor productividad y lograr la excelencia.

Sección experimental y/o Fundamento teórico

Dentro de los objetivos de una industria manufacturera o productora de bienes se encuentran los de la mejora de la calidad, reducción continua de costes y acortar los tiempos de elaboración de los productos, así como en el desarrollo de los procesos. Las tasas de productividad deben incrementarse, por otra parte, el plazo

de circulación debe ser cada vez menor, hasta reducirse al mínimo. El plazo de circulación se entiende como el tiempo que transcurre entre la recepción de un pedido por parte del cliente hasta que el producto sea entregado y la factura sea cobrada, es decir; básicamente es la suma de los tiempos en que la materia prima está en stock, los que corresponden a la fabricación, almacenaje del producto terminado y la distribución del mismo.

Para atender la problemática de la reducción de tiempos, se plantean técnicas productivas para trabajar con stocks mínimos. Lo que significa, si los rechazos internos y las paradas de máquinas debido a desajustes disminuyen, la productividad es mayor, además de reducirse los retrabajos internos y las devoluciones. Sin embargo, las técnicas de gestión necesitan un sistema de control de la calidad eficiente.

Existe una diversidad de métodos que permiten aprovechar al máximo los recursos que se disponen, los cuales deben cumplir de forma estricta las características de calidad de los productos y procesos; con el propósito de reducir y/o eliminar la variación que pudieran presentar, ya que éste es un factor primordial para incrementar la productividad de la empresa. Lo anterior implica vigilar la calidad de los productos en todo el proceso, así como los tiempos utilizados en cada etapa, para no incurrir en tiempos relativos a demoras en las instalaciones ajenas al proceso en sí. La producción en altos volúmenes requiere de la inversión de mayores recursos (maquinaria, equipo, materiales); los cuales deben estar disponibles en la cantidad, uniformizando sus características, en el momento preciso, y verificando que se encuentren dentro de los parámetros permisibles (con respecto a la calidad), para los procesos que se desarrollan. (Figuera, 2006)

Es evidente que al mejorar la calidad se reducen los costes, debido a que reducen los retrabajos, y rechazos en proceso. Se puede conseguir, además, otros beneficios, tales como la reducción de los consumos energéticos y de los propios procesos.

Ahora bien, existen diversas técnicas para reducir y/o eliminar las deficiencias y con ello incrementar la productividad al interior de la empresa, sin embargo; la más utilizada es el estudio del trabajo, el cual básicamente se refiere al análisis de las operaciones y actividades que realizan los trabajadores con la finalidad de mejorar el uso eficaz de los recursos estableciendo normas de rendimiento para el trabajo que se efectúa (Bello, 2020)

Lo anterior, implica el determinar un estándar de tiempo para efectuar la actividad que se realiza, y para ello se requiere establecer un método de trabajo; posteriormente la medición del tiempo que se invierte en desarrollar dicho método, añadiendo los factores permisibles, tales como: fatiga derivada de la actividad física, demoras personales y retrasos inevitables (Bello, 2020)

Resultados y Discusión

La reducción de tiempo en el área de polvos en la etapa de molienda se hace posible mediante un análisis para encontrar una oportunidad de mejora en dicha etapa del proceso, asimismo con la aplicación de la metodología SMED (Cambio de matriz en menos de 10 minutos) la cual consiste básicamente en los siguientes pasos:

0. Análisis detallado.

1. Separar tareas externas, internas e innecesarias.
2. Convertir tareas externas en internas.
3. Perfeccionar tareas externas e internas con SMED.

Es importante mencionar que previo a la aplicación de esta herramienta se tenía un tiempo calculado para la etapa de molienda el cual era de 46.15 minutos, dicho valor es el que la empresa tiene establecido, posteriormente se realiza un análisis así como todos los cambios respectivos en las maniobras de los obreros y sus contribuciones a los métodos de trabajo, se logró una reducción en el tiempo calculado a 39 minutos.

En la tabla 1 se presenta la separación de las actividades a realizar y su clasificación en externas, internas e innecesarias; que corresponde a la etapa 1 del SMED.

Internas: tareas asociadas al tiempo que deben realizarse con el equipo parado (o a velocidad reducida).

Externas: tareas asociadas al tiempo que se realizan con el equipo en movimiento (produciendo a velocidad normal), antes o después del cambio.

Innecesarias: tareas que no tienen que ver con el proceso.

Tabla 2. Actividades en la etapa de molienda

No.	Tareas Internas	Tareas Externas	Tareas Innecesarias
1	Revisar y ajuste de los discos		
2	Revisar y calibrar palanca		
3	Acercar tinas y costal de harina		
4	Alimentar tolva (con semilla y harina)		
5		Encender, Moler	
6	Apagar, Alimentar tolva		
7		Encender, Moler	
8	Apagar, Alimentar tolva		
9		Encender, Moler	
10	Apagar, Alimentar tolva		
11		Encender, Moler	
12	Apagar Alimentar tolva		
13		Encender, Moler	
14	Apagar, Limpiar tolva lateral de salida		
15	Retirar tina llena		
16	Barrer		

Etapa 2. Convertir actividades externas en internas.

En este punto, se identifican cuáles de estas actividades podrían realizarse mientras el proceso funciona normalmente. Para este caso, el molino puede estar encendido

mientras el operario está alimentando la tolva, y al mismo tiempo con una mano, el operario acerca la semilla a la boca del molino para que en ningún momento el molino deje de moler, así se evita totalmente apagar el equipo o que el molino no esté trabajando. Ver la tabla 2.

Tabla 3. Transformación de tareas externas a internas

No.	Tareas Externas	Tareas Internas	Tareas Innecesarias
1	Revisar y ajustar los discos		
2	Revisar y calibrar palanca		
3	Acercar tinas y costal de harina		
4	Alimentar tolva (con semilla y harina)		
5		Encender, Moler	
6		Alimentar tolva	
7		Moler	
8		Alimentar tolva	
9		Moler	
10		Alimentar tolva	
11		Moler	
12		Alimentar tolva	
13		Moler	
14	Apagar, Limpiar tolva de salida		
15	Retirar tina		
16	Barrer		
	Inicio de la segunda tina con semilla. Regresar a la tarea 3.		

En lo que respecta al molino mini, la situación problemática que se presenta durante su funcionamiento es que el gusano se movía de su órbita original, lo que causaba que la semilla pasara más lento; ya que la tuerca que presiona los discos se aflojaba después de 2 minutos de que el molino iniciaba su arranque (en funcionamiento), lo cual causaba que la semilla no se moliera adecuadamente y por ende, surgía la necesidad de hacer una remolienda adicional, cabe señalar que el tiempo requerido para moler 100 kg. de semilla era de 70 minutos, que representa un tiempo muy excesivo.

Después de realizar los trabajos de mantenimiento, en lo que se refiere a las actividades de lubricación, cambio de piezas, y demás, se logra la reducción de dicho tiempo a 39 minutos, además de considerar los paros por amarre de bandas se obtiene un total de 43 minutos, ya que el motor con el que se trabaja es pequeño. Con lo anterior se puede calcular el porcentaje de tiempo que logra reducirse en esta actividad:

70 minutos tiempo anterior = 100 % tiempo total

actualmente 43 minutos, obteniendo un ahorro sustancial de 27 minutos, que representa un 38.57%.

Además, puede determinarse la eficiencia resultante, dado que para el proceso de molienda de semilla se tiene registrado un tiempo total de 39 minutos en condiciones óptimas, en la que el molino muele 100 kilogramos de semilla. Es importante mencionar que el molino aún presenta pequeños paros debido a un amarre en las bandas pero se realizó un registro de dichos paros y se obtuvo un tiempo de 4 minutos que tarda parado el molino al efectuar la molienda de los 100 kg.

Con estos datos se tiene:

39 minutos de molienda en condiciones normales más 4 minutos de paro no previsto es igual a 43 minutos de tiempo total

43 minutos = 100% del tiempo, considerando paros

4 minutos de paro = 9.30 % de paros.

El molino presenta una efectividad del 90.70%, que es el tiempo en la que el molino se encuentra en operación y no sufre ningún paro.

Conclusiones

Se puede concluir que es importante en cualquier empresa el analizar de forma continua los procesos productivos con el objetivo de detectar puntos de mejora, entre ellos: eliminar tiempos y movimientos innecesarios que permitan agilizar los procesos, reduciendo costos y creando empresas con mayor organización en sus áreas de trabajo.

Específicamente en este trabajo se logró reducir el tiempo de molienda en la elaboración del mole verde, que pasó de 46.15 minutos a 39 minutos por pasada ganando así tiempo extra para desarrollar otras actividades o adelantar con un siguiente pedido.

Además, se logró reducir el tiempo de inactividad del Molino Mini gracias a los trabajos de mantenimiento, revisión y control; obteniendo como resultado un 90.70% de efectividad, esto es, el tiempo en el que el molino no presenta paros por fallas en los componentes.

Agradecimientos

Es importante hacer público el agradecimiento a la empresa SABOR CHEPINA S. DE R.L. DE C.V. por brindar todas las facilidades para llevar a cabo este trabajo, sobretodo al personal que en ella labora por aportar su experiencia para las definición de actividades que no agregan valor al producto, así como de los cambios a efectuar para incrementar la eficiencia del proceso, así como el permitir el acceso a jóvenes estudiantes para el desarrollo de actividades prácticas que contribuyan a su formación integral.

Referencias

Bello, M. C. (2020). *Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias*. Ciencia administrativa.

Figuroa, P. (2006). *Optimización de productos y procesos industriales*. Barcelona: Gestion 2000.

Autorización y Renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGIA, INNOVACIÓN Y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.

PROYECTOS PILOTO BAJO LA METODOLOGIA DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL INGENIO AZUCARERO EMILIANO ZAPATA.

A. Ortiz-Chávez¹ R. Mendoza-Mariscal¹ A. Aguilar-Cuellar¹ P. García¹

¹Universidad del Desarrollo Profesional y Ciencia, Calle Emiliano Zapata 65, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- aaortizchavez@hotmail.com, Bafita_89@hotmail.com, Aguilar020609@outlook.com, pili_michel@outlook.com.

Área de participación: MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN)

Resumen: Actualmente, las empresas Mexicanas ocupadas en el desarrollo y la competitividad a nivel internacional han desarrollado estrategias que les permita tener una alta productividad, satisfacer las necesidades de sus clientes y cumplir con los estándares de calidad establecidos en el mercado global. Es por ello que adoptan metodologías Japonesas que les permiten mantener una fortaleza y estabilidad organizacional. La metodología de Manufactura Esbelta es un conjunto de métodos enfocados a estabilizar los procesos y eliminar actividades que no agregan valor al producto, y se desarrolla mediante equipos de trabajo multidisciplinario. El proceso de implementación en la empresa es un camino largo que hay que seguir y que implica mucha dedicación, esfuerzo y cooperación de todos los trabajadores, lamentablemente no es un método que cambie de la noche a la mañana los pensamientos de los trabajadores, la forma tradicional en que se llevan a cabo sus actividades, pero si se sigue de manera constante y con mucha responsabilidad se podrán palpar resultados positivos a un mediano plazo. Para iniciar con la implementación de la metodología de Manufactura Esbelta, se dará pauta a proyectos que son base dentro de la metodología y que traerá como resultado la adopción de la cultura de mejora continua y la estandarización de los procesos. Con el fin de llevar un orden y estructura, se propone llevar a cabo todos los proyectos bajo el esquema del ciclo de calidad Seis Sigma DMAIC, y que favorecerá en seguir cabalmente el método y uso de herramientas de calidad.

Introducción.

De acuerdo a la Secretaria de Economía (Economía, 2023, pág. 4), “el desarrollo de la industria azucarera a nivel mundial ha evolucionado para constituirse en una importante agroindustria, generando empleos y divisas para los países productores y exportadores. En México, la industria azucarera es históricamente una de las más importantes, debido a su relevancia económica y social en el campo. La agroindustria nacional de la caña de azúcar es una actividad que genera más de dos millones de empleos, tanto en forma directa como indirecta. Sus actividades productivas se desarrollan en 15 entidades federativas y 227 municipios. La producción de azúcar se realiza en 57 ingenios distribuidos en el país y ha hecho posible que 664 mil hectáreas de cultivo de caña sean industrializadas, alcanzando una producción cercana a los 5 millones de toneladas de azúcar con un valor cercano a los 27 mil millones de pesos, aportando 11.6% del PIB del sector primario y 2.5% del PIB manufacturero.

En México, lo anterior se ha traducido en la subsistencia de ingenios azucareros y campos cañeros operando con altos costos y bajos niveles de competitividad con pocos o nulos incentivos a reconvertirse, además de ello, el esquema de tenencia

de la tierra genera una fragmentación y baja productividad en el campo y altos costos de cultivo.

El ingenio Emiliano Zapata fue construido hace 85 años, gracias a la intervención del presidente Lázaro Cárdenas del Río, a principios de febrero de 1936, dando inicio su primer zafra el 25 de mayo de 1938, obteniendo una molienda de 59,837.980, estando al frente como gerente general el C. Antonio Solórzano.

El ingenio azucarero en la región sur de Morelos trajo una fuente de trabajo y desarrollo social para el municipio de Zacatepec; pasando por varias etapas en su historia, en el 2015 el corporativo BSM compra el ingenio de Zacatepec y Casasano, rigiéndose bajo las normas ISO 14001, ISO 2001-201, ISO 22000 y la NOM-043-SEMARNAT-1993, NOM-085-SEMARNAT-1993, es de relevancia señalar que el ingenio produce su energía eléctrica para funcionamiento de toda la maquinaria y equipo en tiempo de zafra, por lo que ha dejado de utilizar petróleo y elementos químicos contaminantes, tratando siempre de ser una empresa amigable con el medio ambiente.

Actualmente el corporativo azucarero Beta San Miguel (BSM), cuenta con la fundación BSM y laboran en el ingenio Emiliano Zapata de Zacatepec 524 obreros, siendo una fuente de trabajo para empleados de confianza, ejidatarios y cortadores de caña.

Como hace mención la Secretaria de Economía en su análisis sectorial (Economía, 2023), “los ingenios azucareros y campos cañeros operan con altos costos y bajos niveles de competitividad”, ante esta gran área de oportunidad, de optimizar recursos, agilizar procesos y reducir costos operativos, costos implícitos en la calidad y desarrollo del producto, se sugiere al corporativo Beta San Miguel la implementación de la Metodología de Manufactura Esbelta, misma que va a contribuir en el desarrollo y fortalecimiento de la organización, brindando de fortalezas en el proceso productivo y organizacional a la empresa, cumplir sus metas y objetivos de calidad y satisfacción del cliente, reducir costos y aumentar la productividad y competitividad de la misma.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Hoy en día, las empresas tienen el gran reto de ser productivas, ya que ante la competencia en el mercado global se requiere de ser competitivas, tener sistemas de calidad y de procesos robustos, fuertes y contar con estándares de calidad altos, así como una cultura de mejora continua.

Así como lo mencionó Fujio Cho (Liker, 2011, pág. 25), Presidente de Toyota Motor Corporation “Nosotros damos un gran valor a la implementación inmediata y a pasar a la acción. Hay muchas cosas que no entendemos y, por consiguiente, nos preguntamos ¿Por qué simplemente no avanzamos y pasamos a la acción y probamos a hacer algo? Te das cuenta de lo poco que sabes, descubre tus propias fallas y puedes corregir simplemente esas fallas; y en un segundo intento, al hacerlo otra vez te das cuenta de otra falla o de otra cosa que no te gusta y puedes volverlo

a hacer una vez más. Por eso, sólo con una mejora constante, o debería decir, con la mejora basada en la acción, uno puede acceder a un nivel más alto de practica y de conocimiento”.

Implementar la cultura y forma de trabajo bajo el esquema de la Manufactura Esbelta (ME) en el ingenio azucarero Emiliano Zapata es una labor titánica, requiere de mucho esfuerzo, coordinación, suma de voluntades, liderazgo y compromiso, sin embargo se tiene que dar el inicio y demostrar a la base operativa y administrativa las bondades de trabajar bajo la filosofía de ME, es por ello que se plantean tres proyectos como prueba piloto para el desarrollo del mismo que son:

1. Implementación del programa de las 5 S’s
2. Reducción de despilfarros en el área de Batey
3. Implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es importante señalar que los mencionados proyectos, tienen sustento y buscan realizarse en total apego a la metodología ME, teniendo como referencia los principios y pilares de la misma, como se logra apreciar en la siguiente imagen, donde se ubican y fundamentan las sugerencias de mejora dentro del esquema de la “casa Lean Manufacturing”.

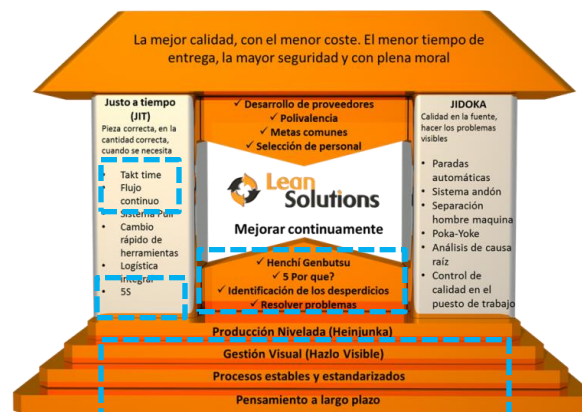


Figura 1, Casa Lean Manufacturing (Solutions, 2023)

Para llevar a cabo los mencionados proyectos se requiere de integrar equipos de trabajo comprometidos, además de formar un equipo multidisciplinario, designar a un líder del proyecto, así como a un miembro de la parte directiva, un miembro que labore dentro del área que tendrá cabida el proyecto (dueño del proceso), a continuación, se menciona el fundamento y propuesta de desarrollo de cada uno de los proyectos:

1. Implementación del programa de las 5 S’s

La metodología de las 5 S’s es sencilla, no requiere de grandes inversiones para implementarla, pero sí de colaboración en conjunto, está fundamentada en 5 principios o fases que mejoran las condiciones de trabajo, de organización, orden, limpieza, ayuda a la motivación del personal, seguridad, clima laboral y eficiencia.

Las 5 S's son; Selección (Seiri), Orden (Seiton), Limpieza (Seiso), Control Visual (Seiketsu), Disciplina y hábito (Shitsuke).

- Dentro del ingenio azucarero, se pretende alcanzar los siguientes objetivos con la implementación de las 5 S's; adoptar una nueva cultura de orden, limpieza y disciplina en cada área de trabajo para mejorar la productividad de la empresa, organizar y estandarizar las áreas.

Se propone, llevar a cabo las siguientes fases;

- Capacitar a todo el personal acerca del programa de las 5 S's
- Iniciar por seleccionar todo aquello que ya no tiene utilidad dentro de la empresa, eliminarlo y limpiar cada una de las áreas.
- Delimitar las áreas, marcar o señalar el lugar correspondiente a todas las maquinas, herramientas, inmobiliario o equipo.
- Estandarizar las mejoras, para ello se requiere de conformar el comité de 5 S's, mismo que estará conformado por personal designado por la dirección y será el responsable de supervisar todas las áreas de manera continua, divulgando los resultados positivos e incentivar y motivar a los responsables de cada espacio.

2.- Reducción de despilfarros en el área de Batey

El área de Batey es el espacio dentro del ingenio azucarero donde se realiza la descarga de la caña de azúcar y se coloca en las bandas transportadoras para que se transporten al área de molienda.

Para llevar a cabo la descarga de la caña, se tienen dos formas de realizar, una es subiéndola a una plataforma que eleva el carro que transporta la caña e inclinarlo para así vaciar su contenido y la otra es acercando el transporte a un espacio denominado "bongie" donde ingresa la unidad y por medio de un mecanismo a base de poleas se eleva la caña y se ingresa así a la banda transportadora.

Dentro del análisis y mapeo del proceso se detecta en el proceso de producción que el flujo se detiene e interrumpe al inicio de las operaciones, generando esto un "cuello de botella" y despilfarros.

Los despilfarros que pueden detectarse en el área de Batey son; tiempos de espera, movimientos innecesarios, transporte, materia prima.

Como se puede observar en las siguientes imágenes el desperdicio que se realiza de materia prima durante este proceso.



Figura 2, Desperdicio de materia prima en el área de Batey.

Es de suma importancia realiza el mapeo del proceso para conocer la cadena de valor, así como los tiempos en realiza cada una de las actividades, las limitantes,

3.- Implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Las instalaciones, equipo, maquinaria y herramientas del ingenio Emiliano Zapata, desde hace 85 años, han tenido pocos cambios o mejoras, aunque en su época fue el ingenio azucarero más novedoso y de vanguardia, los años y décadas pasaron y no se han actualizado, cabe hacer mención, que la temporada de producción (zafra) dura aproximadamente seis meses y después de esto, vienen una temporada de unos cinco meses donde se le denomina “reparación”, en este lapso de tiempo, se le da mantenimiento correctivo a parte de la maquinaria.

Lo que en el presente trabajo se propones es un Mantenimiento Productivo Total, el cual tiene fundamento y sustento en el sistema de producción Toyota, Manufactura Esbelta y que menciona el Dr. Luis Socconini (Socconini, 2019, pág. 155);

El TPM es una metodología de mejora que permite la continuidad de la operación, en los equipos y plantas, al introducir los conceptos de:

- Prevención, cero defectos ocasionados por maquinas, cero accidentes, cero defectos, participación total del personal

El mantenimiento de la maquinaria representa un problema si no es el adecuado, ya que impide la continuidad en la producción.

Las ventajas de implementar el mantenimiento productivo total es con el fin de:

- Mejorar la productividad, dar continuidad a las operaciones de la planta, involucra a los operadores en el cuidado y mantenimiento de sus equipos, reduce significativamente los gastos por mantenimiento correctivo, reduce el número de defectos y productos rechazados que son generados por maquinas en mal estado, reduce los costos operativos hasta en 30%.

Como propuesta de mejora, se requiere de hacer un plan integral de mantenimiento productivo total, abastecer de herramientas, refacciones y equipo, estandarizar la medida de las tuercas y tornillos de la maquinaria y por consecuencia la herramienta para reducir los costos de refacciones y tiempos de operación, así como realizar un plan de mantenimiento preventivo, también realizar un plan de capacitación y profesionalización del personal del área de mantenimiento.

Como parte de la implementación de la metodología de Manufactura Esbelta, es de suma importancia la documentación y desarrollo de los proyectos de una manera estandarizada, por lo que se realiza la propuesta de que todos los proyectos de mejora continua se desarrollen mediante el ciclo DMAIC (Rodríguez, 2019), ya que es un ciclo de mejora continua que se utiliza en la metodología de Seis Sigma y es un modelo con una estructura ordenada y disciplinada que favorece en el desarrollo de los proyectos haciendo uso en cada una de sus etapas de las herramientas de la metodología, el ciclo de mejora está conformado de las etapas de, Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control como se logra observar en la siguiente ilustración.



Figura 3, Ciclo de Mejora Continua (Rocha, 2023)

En la etapa de **Definir**; se deben anotar los integrantes del equipo a desarrollar el proyecto, tomando en cuenta que se ocupara el rol de dueño del proceso, líder del equipo, y equipo central.

Es importante señalar cual será el “business case” plasmando cuáles serán los beneficios que se recibirán al desarrollar el proyecto.

Así mismo se tiene que plasmar el planteamiento del problema y los alcances del proyecto por lo que es necesario establecer las metas, anotando los objetivos generales y específicos.

Para conocer parte del proceso y los agentes que en el interviene, en esta etapa se usara el diagrama “SIPOC” por sus siglas en inglés, donde se identifica claramente las personas o áreas involucradas de manera directa en el proceso, en dicho diagrama se reconocen a los abastecedores de la materia prima (suppliers), las entradas de datos y/o materia prima (inputs), el desarrollo del proceso (process), salidas de material o información (outputs), y los clientes del proceso (customers).

Es importante establecer un cronograma de actividades (reales y programadas) así como los responsables de desarrollar alguna operación o actividad.

Para reconocer e identificar las actividades del proceso, así como identificar las actividades que no agregan valor al producto, es necesario realizar un mapeo del proceso plasmando lo mejor posible los tiempos y actividades de cada área.

En la fase de **Medir**, nos vamos a apoyar de las herramientas de recolección de datos estadísticos (hojas de registro, entrevistas, bitácoras, reportes, etc.) para tener un referente de la información cuantitativa, de igual manera se recolectaran

evidencias fotográficas para comparar como se realiza el proceso sin realizarle ningún cambio y después de.

En la etapa de **Analizar** el equipo asignado para llevar a cabo el proyecto de mejora, dará el tratamiento adecuado a los datos estadísticos para determinar la causa y efecto de la problemática, por lo que se sugiere utilizar; desarrollo de distribución de frecuencias, histogramas, polígonos de frecuencias, gráficos de barras, gráficos de pastel, diagramas de Pareto, diagramas Ishikawa, en esta etapa se formulan las hipótesis de mejora y se genera un plan de mejora.

Una vez que se tiene la información real y objetiva de las causas que originan los problemas, se procede a realizar la etapa de **Mejora** implementando todas las acciones y soluciones sugeridas y analizadas previamente por el equipo y establecidas en el plan.

Ya implementados las soluciones propuestas y se realiza nuevamente la medición del proceso comparando lo que se tenía contra los resultados con las mejoras implementadas y comparar con evidencias fotográficas los cambios, realizando nuevamente el mapa de procesos y los nuevos tiempos de operación.

En la última etapa del ciclo, el **Controlar** es de suma importancia establecer ya que en esta se deben de conservar las mejoras realizadas, por lo que es necesario establecer nuevas métricas y estándares, al igual que se debe de contar con un plan en caso de que se presente una situación o proceso subestandar.

Conclusiones.

Para dar marcha a la implementación de la nueva filosofía laboral (manufactura esbelta), es necesario empezar, tener acciones, pequeñas, pero al final tendrán impacto dentro de la organización, no importa tener algún fallo o error, siempre se puede mejorar y aprender.

Para dar inicio, se plantearon tres proyectos sencillos, implementación de las 5 S's, reducción de despilfarros en el área de Batey, y la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total TPM, son sencillas las acciones para esta parte; ya que es la estandarización de tornillería en la maquinaria, equipo y el desarrollo de un programa integro de mantenimiento integral preventivo y correctivo.

Dado que es una nueva metodología que se pretende implementar, se sugiere utilizar el ciclo de calidad DMAIC y Seis Sigma como parte del desarrollo de cada proyecto donde se establecen las herramientas y métodos de ingeniería para llevar un orden, estructura y respaldo.

Agradecimientos.

Primeramente a Dios, así como a las personas que participaron en el desarrollo del proyecto y que han contribuido con la realización del mismo, por su confianza y compromiso, al Ing. Alfredo Salazar Ortiz, Gerente general del Ingenio Azucarero Emiliano Zapata de Zacatepec Morelos, al C. Gabriel Ángel Rodríguez Herrera, Secretario General de la sección 72 del Sindicato azucarero, al C. Omar Erazo

Morquecho, Secretario de Educación y Fomento al Deporte, al Prof. Javier de Jesús Vargas, Rector de la Universidad del Desarrollo Profesional y Ciencia.

Referencias

- www.economia.gob.mx. (s.f.), Análisis de la situación económica, tecnológica y de política comercial del sector edulcorantes en México. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf
- Liker, J.K. (2011). The Toyota Way: Como el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito, Norma SA Editorial.
- LEAN MANAGEMENT – Lean Solutions. (s/f), Leansolutions.co. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/>
- Researchgate.net (s.f.), Recuperado el 26 de marzo de 2023, de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Adaptacion-de-la-Casa-Toyota_fig1_321351203
- Socconini, L. V. (2019). Lean Manufacturing. Pasó a Paso. Marge Books.
- Rocha, J. P. (s/f). DMAIC: Qué es y cuáles son sus pasos - Instituto Mudanai. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>
- Rodríguez, J. (2019, octubre 29). DMAIC “Las 5 fases para la mejora de los procesos”. SPC Consulting Group. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://spcgroup.com.mx/dmaic-las-5-fases-para-la-mejora-de-los-procesos/>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ALGORITMO DE CADENA CÍCLICA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PURIFICADA AQCUA ESSENZIALE

L. E. Marín-Vaca, V. Gama-Nájera, C. Barreto-Cabrera, V. Y. Atala-Campos,

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27 Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- elva.mv@zacatepec.tecnm.mx, veronica.gn@zacatepec.tecnm.mx, claudia.bc@zacatepec.tecnm.mx, victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN).

Resumen: El objetivo de este trabajo es aplicar la programación dinámica con el algoritmo de cadenas cíclicas, en la distribución de agua purificada de la empresa Aqqua Essenziale. Se realizó un estudio de mercado en el poblado de Acatlipa, Morelos y se encontró que varias colonias estaban dispuestas a cambiar de producto, por lo que se comenzó a entregar una cantidad mínima de garrafones de agua de 20 lt. Se decidió realizar una red de distribución para hacer llegar el vital líquido a los hogares y a tiendas que venden al menudeo; analizando la localización en el mapa y los recorridos de distribución, se aplicó el algoritmo de cadenas cíclicas, donde en cada nodo se determina la etiqueta de menor recorrido y el agente de ventas tiene que tomar decisiones constantes. Este algoritmo define una etiqueta como:

$u_j = \min_i \{u_i + d_{ij}\}$, donde u_i es el nodo origen y d_{ij} destino, siempre se decide por el de menor recorrido, lo cual favoreció las ventas iniciales con 16,342 garrafones en el mes de mayo de 2022, hasta lograr un promedio de 19,702 garrafones, los últimos dos meses del año en curso. Convencidos que la ingeniería industrial tiene una amplia aplicación en cualquier área que rodea la vida cotidiana, simplemente se debe correlacionar los conocimientos adquiridos y llevarlos a la aplicación.

Palabras claves: Redes distribución, cadena cíclica.

Introducción

Los clientes esperan adquirir productos en el menor tiempo posible y menor costo, en este caso, que es el líquido vital se vuelve más emergentes. Los productores siempre están atentos a las necesidades del mercado; analizando la zona de la demanda del producto, el embalaje y distribución del mismo, para cubrir la necesidad lo más rápidas posible, minimizando el tiempo de entrega y los costos de distribución, se visitan a los consumidores para ver sus requerimientos y si es pertinente cubrir su necesidad de manera inmediata (Marqués, 2015).

“Una red de distribución es un sistema de instalaciones de almacenamiento y métodos de transporte que reciben bienes y los pone a disposición de los clientes” (García, 2020).

Para poder dar un buen servicio al cliente, se define la posibilidad de hacer una red de distribución, que permita abarcar los centros de entrega considerando tiempos y costos. Esto dará la pauta a definir adecuadamente la metodología para la distribución del producto desde el almacén hasta el consumidor. Todos los factores que intervienen están ligados para la optimización de recursos del productor y minimizar los costos del consumidor, entre ellos tenemos: el inventario que permite cubrir las necesidades del cliente y el transporte.

Es necesario determinar los canales de distribución, partiendo de la cadena de negocios, seguida por un producto o servicio para llegar desde el punto de fabricación hasta el usuario final (West, 1989). En ocasiones el producto se puede vender directamente al cliente final, desde fábrica o desde tiendas propias, o un canal directo (García, 2020). Existen dos tipos de canales de distribución: el de distribución directa y el de indirecta. La distribución directa es en el que no intervienen los intermediarios, su relación comercial se produce directamente entre el productor y el consumidor o cliente final; presenta como ventajas el control del mercado y de la relación, si bien requiere fuertes inversiones en infraestructuras de distribución y suele suponer menos flexibilidad para adaptarse a los cambios del mercado. Por contra, un canal indirecto (venta indirecta) es el que representa un canal intermediado entre el productor y el consumidor (Caiza & Martínez, 2019).

Algunas de las ventajas que presenta el canal de distribución directa son:

- Reducción de costos en distribución, comunicación, incrementa el beneficio económico, ya que no hay otros costos derivados de la comercialización directa del producto.
- Control total del canal, lo que permite detectar y resolver posibles incidencias en la distribución.
- Cliente, es la última etapa en el que puede manifestar al productor sus inconformidades o reacciones del consumidor, lo cual posibilita al productor mejorar su producto.

Algunas desventajas:

- Impacto en el mercado, ventas debe ser valorado por la empresa.
- Limitaciones geográficas. Los productos tienen menor alcance de mercado (Caiza & Martínez, 2019).

En este trabajo es pertinente utilizar un canal de distribución directa, ya que se cuenta con un solo producto, agua purificada envasada en garrafones de 20 lt de la marca *Aqqua Essenziale*, se distribuye directamente al cliente.

A continuación, se describe la metodología que se aplicó para hacer esta distribución, considerando las áreas donde impacta el producto para ampliar el mercado.

Metodología

La metodología utilizada consta de ocho pasos a seguir para diseñar la red de distribución:

1. La cadena de suministro a ser definida consta de cuatro eslabones: los proveedores de materia prima, las plantas de producción, los centros de distribución y los clientes minoristas, como se muestra en la siguiente Figura1.



Figura 1. Eslabones de cadena de suministro.

2. Identificar las localidades de estudio

La purificadora *Aqqua Essenziale* abastece principalmente a los municipios de Temixco, Emiliano Zapata y Xochitepec en el estado de Morelos. Este trabajo de investigación se centrará solo a estudiar el municipio de Temixco, específicamente la distribución en el poblado de Acatlipa, abarcando las siguientes colonias:

1. Acatlipa Centro
2. Lomas de Acatlipa
3. Las Rosas
4. La Rivera
5. El Estribo
6. Casa Blanca
7. Arboleras
8. Emiliano Zapata
9. Rio Escondido

En la Figura 2 se observa la ubicación geográfica del poblado de Acatlipa, en la que la purificadora de agua realiza el abastecimiento de su producto.



Figura 2. Poblado de Acatlipa, Morelos. Tomada de:

<https://www.bing.com/search?q=poblado+de+acatlipa+morelos+mapa&qs=n&form=QBRE&sp=-1&qhc=1&lq=0&pq=poblado+de+acatlipa+morelos+mapa&sc=10-32&sk=&cvid=FEECD49A551B41DB9126EA7BDA20FB62&qhsh=0&qhacc=0&qhpl=>

3. Recolectar los datos. Se realizó una encuesta para determinar si las personas estaban dispuestas a cambiar de proveedor de agua y dar oportunidad a nuestro producto.
4. Introducir nuestro producto al nuevo mercado, el que se dio a conocer mediante muestras en botellas de medio litro, en las principales colonias en casas y negocios.
5. Iniciar el reparto en las principales colonias del municipio mencionado. El repartidor llevó un registro de ventas diarias, durante los dos primeros meses y los lugares donde se abastece el recurso vital.

6. Elaborar la tabla de colonias para establecer los nodos de reparto y distribución del producto.
7. Diseñar la red de distribución, para poder realizar la red, se construye una tabla donde cada columna y cada fila hacen una combinación posible en los recorridos de distribución del producto.
8. Finalmente, se utiliza el algoritmo de redes de cadenas cíclicas, la cual ocasiona una serie de decisiones interrelacionadas, el agente de ventas decidirá el momento en que la ruta es la óptima para su recorrido porque mucho dependerá de la hora y la carga de tráfico en la zona (Taha, 2012).

El objetivo principal del desarrollo de la red de distribución mencionada en cada uno de los puntos de esta metodología es lograr un incremento en las ventas que favorezcan al rendimiento de utilidades y mantener nuestro producto en el mercado.

Esto representa un procedimiento sistemático para establecer la combinación óptima de decisiones. El algoritmo de redes permite establecer la forma dinámica de distribución, evaluando etiquetas en cada evento o nodo y seleccionando la de menor recorrido, debido a que no cuenta con una formulación estándar; cada proyecto establece la formulación para escoger el mínimo; para este caso, en cada recorrido se toma la siguiente decisión: la etiqueta del mínimo recorrido; además, se establecen ecuaciones que determinan el recorrido por la red, tomando en cuenta la combinación de eventos por colonia, reduciendo tiempo y costos para el empresario (Taha, 2012).

Resultados y Discusión

Para la aplicación de la distribución de *Aqcuia Essenziale*, es necesario el método del algoritmo de la ruta más corta como menciona (Taha, 2012). “Hay dos tipos de redes: acíclicas y cíclicas. Se dice que la red es acíclica si no contiene lazos; de otra manera es cíclica. El algoritmo cíclico es más general, el acíclico es más eficiente, porque necesita hacer menos cálculos. El algoritmo acíclico se basa en el uso de cálculos recursivos, que son la base para los cálculos de la programación dinámica”. En este caso, utilizaremos el algoritmo cíclico por las condiciones del sistema de recorrido.

A. Algoritmo cíclico

El algoritmo cíclico inicia determinando el nodo 1, es el nodo inicial (fuente u origen) y el nodo $n-1$ que es el punto de terminación (suministro o destino). La distancia d_{ij} entre los nodo i y j se indica directamente sobre cada rama.

Sea:

$$u_j = \text{distancia más corta entre el nodo 1 y el nodo } j$$

Donde $u_i = 0$, por definición. Los valores de $u_j, j = 1, 2, \dots, n$, se calculan en forma recursiva por medio de la fórmula siguiente:

$$u_j = \min_i \{ \text{la distancia } u_i \text{ más corta a un nodo } i \text{ inmediato anterior} \\ \text{más la} \\ \text{distancia } d_{ij} \text{ entre el nodo actual } j \text{ y su predecesor } i \}$$

Tabla 5. Ventas de mayo-junio de distribución Aqqua essenzale.

Días de distribución del mes de mayo 2022	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	16	17	18	20	21	23	25	26	27	28	29	30	Suma total	Promedio	Maximo	Minimo	Desviacion estandar	
Venta de garrafones por día	807	735	835	769	761	590	809	520	748	832	912	907	779	774	522	780	632	736	628	750	780	736	16342	742.8182	912	520	105.5708	
Días de distribución del mes de junio 2022	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	suma	Promedio	Maximo	minimo	DES. ESTANDAR
Venta de garrafones por día	747	460	554	643	711	647	627	589	556	712	730	704	545	593	418	597	589	590	613	444	845	873	875	14662	637.4783	875	418	121.8616

Al utilizar el método de cadenas cíclicas y apoyados en las colonias que se identifican en el mapa de Acatlipa, Mor., seleccionando por zonas, que separan la vía central donde se encuentra la ubicación del distribuidor de agua, permitió determinar los recorridos más viables y reducir el tiempo del algoritmo expuesto en la Figura 3 que se presenta a continuación:

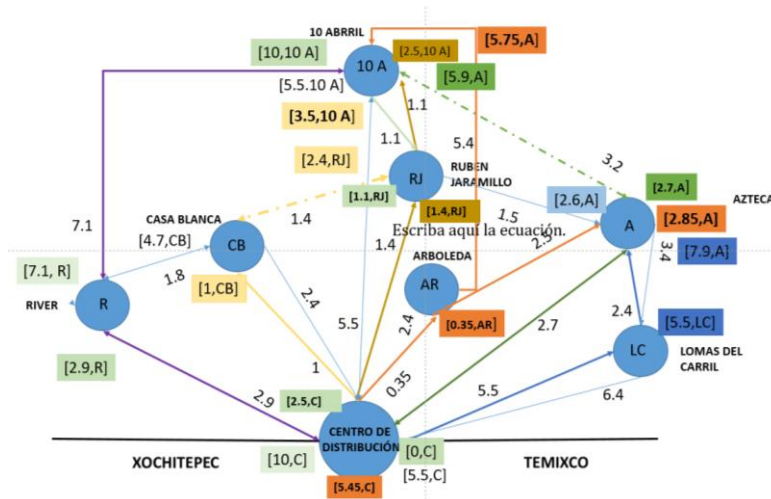


Figura 3. Zona 1 (Noreste, Sureste) de Acatlipa, Mor.

Este algoritmo consiste en llegar a todos los nodos por medio de etiquetas y utilizar la alternativa que tiene el $u_j = \min_i \{u_i + d_{ij}\}$, con el valor mínimo en la etiqueta, para continuar por el recorrido y cumplir con el objetivo de reducir el tiempo, y a la vez la distribución del producto al cliente lo más pronto posible.

Con el algoritmo aplicado en la zona Noreste, Sureste, que se ve en la Figura 3 se presentan las siguientes rutas óptimas para recorrido:

- $C \rightarrow AR \rightarrow A \rightarrow 10A = 5.9 \text{ km}$
- $C \rightarrow LC \rightarrow A = 7.9 \text{ Km}$
- $C \rightarrow AR \rightarrow 10A = 5.75 \text{ Km}$
- $C \rightarrow RJ \rightarrow 10A = 2.5 \text{ Km}$

$$C \rightarrow R \rightarrow 10 A = 10 Km$$

$$C \rightarrow CB \rightarrow RJ \rightarrow 10A = 3.5 Km$$

$$C \rightarrow RJ \rightarrow 10 A = 2.5 Km$$

Estas enlazan todos los puntos de distribución de esta zona.
 Para la zona Noroeste, Suroeste, en la Figura 4 se definen todos los recorridos posibles de la misma manera que en la zona de la Figura 3, y que se marca a continuación.

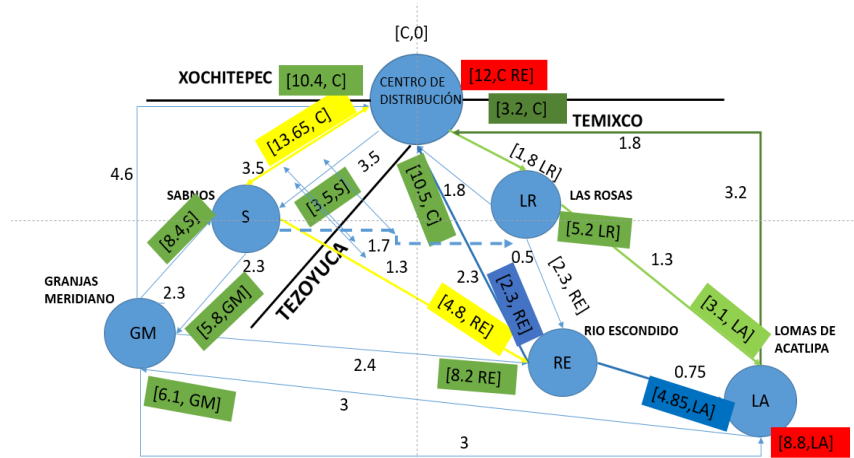


Figura 4. Zona 2 (Noroeste, Suroeste) de Acatlipa, Mor.

De la misma manera, que la zona anterior, se determinaron las etiquetas por punto de distribución y las rutas que favorecen los recorridos:

$$C \rightarrow LR \rightarrow LA = [3.1, LA]$$

$$C \rightarrow RE \rightarrow LA = [4.85, LA]$$

$$C \rightarrow RE \rightarrow LA \rightarrow GM \rightarrow S \rightarrow C = [11.9, C]$$

$$C \rightarrow LR \rightarrow LA \rightarrow GM \rightarrow C = [10.7, C]$$

$$C \rightarrow LR \rightarrow LA \rightarrow GM \rightarrow C = [10.7, C]$$

$$RE \leftrightarrow C = [2.3, C]$$

En el mes de mayo se obtuvieron ventas de 16,342 garrafones, y en el mes de junio de 14,662 garrafones; de acuerdo a lo anterior, se realizó una nueva distribución para los siguientes meses, del año pasado a la fecha las ventas medias aproximadas andan sobre 19,702 garrafones en los últimos dos meses de 2023 con una desviación estándar de más o menos 150 garrafones y aproximadamente 1009 garrafones diarios.

Conclusiones

En la actualidad abrir una empresa o negocio es muy riesgoso, porque existen infinidad de factores que pueden afectar las ventas, uno de ellos es la competencia, otro la publicidad, pero convencidos que con un arduo trabajo y buscando

alternativas que favorezcan mantenerse en el mercado, aplicando técnicas, algoritmos, normas, modelos, entre otros., de la ingeniería se logrará el objetivo.

Otra y más contundente es el conocimiento adquirido en las aulas, siempre es beneficioso en cualquier proyecto que se decida emprender, no se puede perder de vista lograr un pensamiento crítico y un aprendizaje significativo, logrando abrir mayores oportunidades.

Un ingeniero industrial adquiere un panorama general de la aplicación interrelacionada con la industria, es por ello que no se debe dejar de innovar en el medio que rodea la vida cotidiana. Esto permite darse cuenta que con algo muy sencillo que se aplique, con un poco de ingenio se logran los objetivos esperados.

Y por último, las redes de distribución, que son una aplicación dentro de la programación dinámica, en ningún momento pasarán de moda, aún falta llevar la investigación de operaciones a muchas áreas del desarrollo, sin mencionar que favorece a infinidad de aplicaciones de trabajos a distancia.

Referencias

- Caiza Toaquiza, E. J., & Martínez Corrales, W. K. (2020). *Canales de distribución y competitividad en la asociación de mujeres emprendedoras Cuilche Salas* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: Facultad de Ciencias Administrativas).
- García-Sabater, Jose P. (2020) Redes de Distribución. Nota técnica RIUNET Repositorio UPV <http://hdl.handle.net/10251/137037>
- Marqués, R. C. (2015). Las redes sociales y el marketing de stakeholders en la gestión de los canales de distribución de productos turísticos: el caso de bookingfax. *Impulso al Desarrollo Económico a través del Turismo*, 129.
- Taha Hamdy A (2012). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación, México, 2012. Novena edición.
- Vázquez-García, V., & Sosa-Capistrán, D. M. (2017). Sin agua no vivo: género y derecho humano al agua en el municipio de La Antigua, Veracruz. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(3), 405-425.
- West, A. (1989) *Gestión de la Distribución Comercial*. Ediciones Diaz de Santos. <https://www.bing.com/search?q=poblado+de+acatlipa+morelos+mapa&qs=n&form=QBRE&sp=-1&qhc=1&lq=0&pq=poblado+de+acatlipa+morelos+mapa&sc=10-32&sk=&cvid=FEECD49A551B41DB9126EA7BDA20FB62&qhsh=0&qhacc=0&qhp|=> Consultada el 24 de febrero 2023.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ANÁLISIS DEL LÍMITE DE RENTABILIDAD EN LA PURIFICACIÓN DEL AGUA

V. Gama-Nájera, C.Barreto-Cabrera, L. E. Marín-Vaca, G. Gómez-Ortiz

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México. veronica.gn@zacatepec.tecnm, claudia.bc@zacatepec.tecnm.mx, elva.mv@zacatepec.tecnm.mx, guadalupe.go@zacatepec.tecnm.mx

Área de participación: MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD (IIN)

Resumen: En este trabajo se muestra la aplicación del punto de equilibrio en una planta purificadora de agua. El límite de rentabilidad se utiliza para conocer la cantidad de producción/ventas de cierto producto para obtener ganancias, a partir de la estimación de los costos fijos y variables, así como del volumen de producción para cierto periodo de tiempo. Otro aspecto importante, es que se pueden conocer los costos que deben mejorarse para obtener utilidades a partir de la disminución de éstos. En este caso, se puede observar que el punto de equilibrio se logra a partir de las ventas de 1475.88 garrafones de 20lt anuales, es decir, a partir de 1476 garrafones de agua purificada vendidos cada año es posible obtener ganancias.

Introducción.

El análisis de costos en las empresas es de suma importancia para tomar decisiones administrativas que se utilizan para evaluar la rentabilidad de la misma.

Existen varios métodos que permiten involucrar los costos e ingresos de operación, en este caso se realizará a través del punto de equilibrio o límite de rentabilidad, la cual es una técnica que se utiliza generalmente en el análisis de los costos y los ingresos (Tawfik, 1980), además, se define el momento donde se han cubierto todos los gastos de operación y visualizar a partir de las unidades producidas y vendidas las ganancias.

En una empresa purificadora de agua, que envasa el producto en garrafones de 20 L, se aplicó el método del punto de equilibrio para determinarlo y conocer la cantidad de producción y ventas que debe realizar para obtener utilidades.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Existen varias clasificaciones de los costos, como se observa, en la Figura 1, se presenta un cuadro sinóptico que muestra cada una de las clasificaciones de los costos, misma que se toma de referencia en el desarrollo de este proyecto.

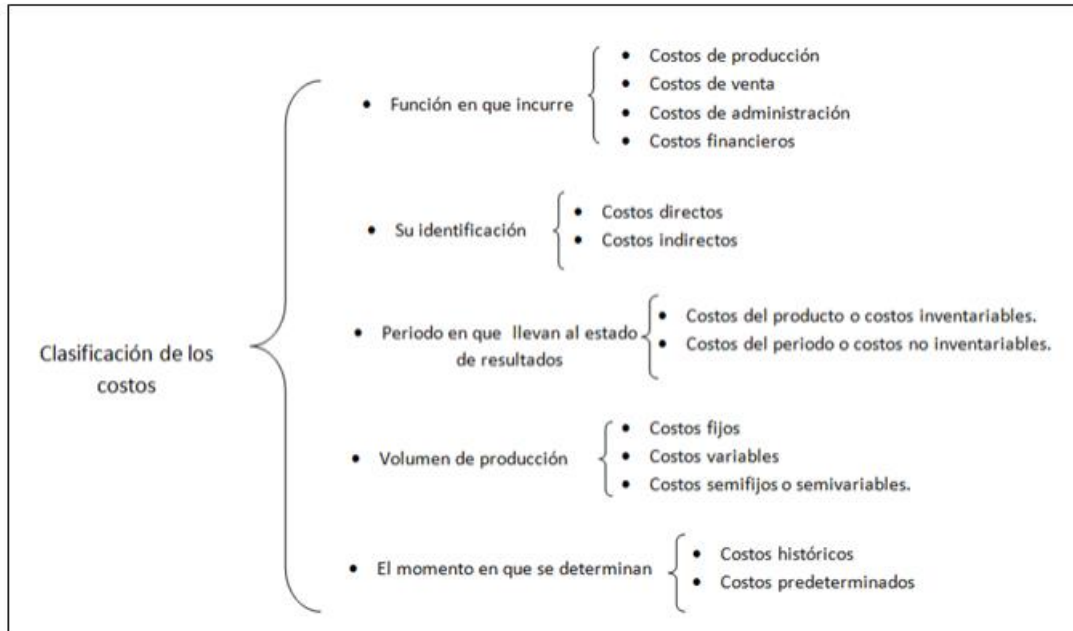


Figura 1. Clasificación de los costos.

A continuación, se describen los costos principales de acuerdo a su clasificación según (Colín, 2008).

1. “La función en que incurre:
 - a. Costos de producción (costos) son los que se generan en el proceso de transformar las materias primas en productos elaborados siendo tres elementos los que integran esta clasificación; materia prima directa, mano de obra directa y cargos indirectos.
 - b. Costos de venta (gastos) son los que incurren en el área que se encarga en comercializar los productos terminados, por ejemplo: sueldos y prestaciones de los empleados del departamento de ventas, comisiones a vendedores, publicidad, etc.
 - c. Costos de administración (gastos) son los que se originan en el área administrativa; o sea, los relacionados con la dirección y manejo de las operaciones generales de la empresa, por ejemplo: sueldos y prestaciones del director general, del personal de tesorería, de contabilidad, etc. Costos financieros (gastos) son los que se originan por la obtención de recursos ajenos que la empresa necesita para su desenvolvimiento.
2. Su identificación:
 - a. Costos directos son aquellos costos que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o áreas específicas.

- b. Costos indirectos son aquellos costos que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o áreas específicas.
3. El periodo que se llevan al estado de resultados
 - a. Costos del producto o costos inventariables (costos): son aquellos costos que están relacionados con la función de producción. Estos costos se incorporan a los inventarios de: materias primas, producción en proceso y artículos terminados y se reflejan como activo circulante dentro del balance general, estos costos se llevan al estado de resultados, cuando y a medida que los productos elaborados se venden, afectando el renglón costos de los artículos vendidos.
 - b. Costos del periodo o costos no inventariables (gastos): son aquellos costos que se identifican con intervalos de tiempo y no con los productos elaborados y se relacionan con las funciones de venta y administración: se llevan al estado de resultados en el periodo en el cual se incurren.
4. Comportamiento respecto al volumen de producción o venta de artículos terminados:
 - a. Costos fijos son aquellos costos que permanecen constantes en su magnitud dentro de un periodo determinado, independientemente de los cambios registrados en el volumen de operaciones realizadas.
 - b. Costos variables son aquellos costos cuya magnitud cambia en razón directa al volumen de las operaciones realizadas.
 - c. Costos semifijos, semivariables o mixtos son aquellos costos que tienen elementos tanto fijos como variables.
5. El momento en que se determinan los costos:
 - a. Costos históricos son aquellos costos que determinan con posterioridad a la conclusión del periodo de costos.
 - b. Costos predeterminados son aquellos costos que se determinan con anterioridad al periodo de costos o durante el transcurso del mismo”.

Punto de Equilibrio:

Las decisiones administrativas con mayor relevancia implican un análisis puntual de los costos y es de suma importancia que la empresa determine la rentabilidad a través de sus costos de operación y sus ingresos en forma detallada, puesto que los administradores deben en todo momento tomar decisiones relativas a los costos de operación, los de venta, el equipo, etc. (Tawifik, 1980; Mallo et al., 2004).

El análisis del punto muerto (punto de equilibrio) o límite de rentabilidad es una técnica que se utiliza generalmente en el análisis de los costos y los ingresos como se muestra en la Figura 2. Dicha técnica es muy útil para la toma de decisiones relativas a los precios de venta, la cantidad de unidades necesarias para lograr cierto margen de utilidad, el equipo, los medios de transporte entre otros (Tawfik, 1980; Mallo et al., 2004).

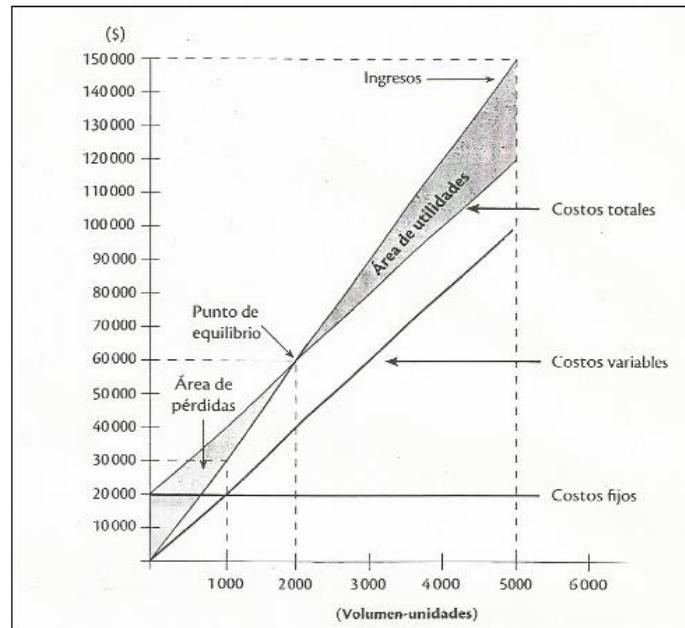


Figura 2. Representación gráfica del punto de equilibrio.
Fuente. (Tawfik, 1980 pág. 18).

Resultados y Discusión.

Para la realización del análisis por medio de la determinación del punto de equilibrio en la purificación del agua, y solo para venta en mostrador en la sucursal, se consideraron los siguientes pasos:

a. Recolección de datos: Se obtuvo una muestra de los costos totales de producción en la purificación del agua durante el primer año de operación de la planta, se consideraron de 1 de enero de 2022 al 31 de diciembre del mismo año. En la tabla 1 se muestran los costos de producción del año 2022, con los que operó la purificadora de agua.

b. Clasificación de los datos: de acuerdo a la producción durante el tiempo de operación de la planta purificadora, se clasificaron los costos del volumen de producción siendo éstos: los costos fijos y costos variables.

Tabla 1. Costos de producción en la purificación de agua.

TIPO	LISTA	PRECIO	CANTIDAD / ENVASE	UNIDAD	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	SEM AN AS	OBSERVACIONES
GASTO PROD	LINER	\$ 80.00	1	PIEZAS	\$ -			(1000 PIEZAS)
GASTO PROD	SELLO	\$ 160.00	1	PIEZAS	\$ -			(1000 PIEZAS)
GASTO PROD	TAPA	\$ 255.00	1	PIEZAS	\$ -			(1000 PIEZAS)
SERVICIO FIJO	CLORO	\$ 35.00	1	GALON	\$ -	1 SEMANA	1	(500 ML) GALON (3.780 LITROS)
SERVICIO	ANTIINCRUSTANTE	\$ 1,350.00	1	GALON	\$ -	6 MESES	24	
SERVICIO	JABÓN L-INT 20 LTS	\$ 370.00	1	LITROS	\$ -	2 MESES	8	
SERVICIO	JABÓN EN POLVO EXTERIOR	\$ 35.00	1	KILOS	\$ -	1 MES	4	
SERVICIO	JABUN ANTIBACTERIAL PARA MANOS	\$ 50.00	1	LITROS	\$ -	1 MES	4	
SERVICIO	PAPEL DE BAÑO	\$ 25.00	1	PIEZAS	\$ -	2 SEMANAS	2	
SERVICIO	TRAPEADOR	\$ 50.00	1	PIEZAS	\$ -	3 MESES	12	
SERVICIO	ESCOBA	\$ 50.00	1	PIEZAS	\$ -	3 MESES	12	
SERVICIO	FRANELAS/MICROFIBRAS	\$ 86.00	1	PIEZAS	\$ -	3 MESES	12	
SERVICIO	AGUA	\$ 100.00	1	SERVICIO	\$ -	1 MES	4	
MANTENIMIENTO	CAMBIO ZEOLITA	\$ -	1	FT3	\$ 600.00	24 MESES	96	
MANTENIMIENTO	CAMBIO CARBÓN ACTIVADO	\$ -	1	FT3	\$ 850.00	24 MESES	96	
MANTENIMIENTO	LAVADO QUIMICO MEMBRANAS		1	PIEZAS	\$ 1,000.00	12 MESES	48	
GASTO PROD	PAGO DE IMPUESTOS	\$ 150.00	1	BIMESTRE	\$ -	1 MES	4	
GASTO PROD	RENTA LOCAL	\$ 1,500.00	1	RENTA	\$ -	1 MES	4	
GASTO PROD	ELECTRICIDAD	\$ 1,100.00	1	RECIBO	\$ -	2 MESES	8	
MANTENIMIENTO	REFRACCIONES DIVERSAS	\$ 500.00	1	RECIBO	\$ -	1 MES	4	
MANTENIMIENTO	CARTUCHO PULIDOR	\$ 180.00	1	PIEZAS	\$ -	4 MESES	16	
MANTENIMIENTO	IONES DE PLATA	\$ 2,200.00	1	BARRA	\$ -	6 MESES	24	
MANTENIMIENTO	FUMIGACION	\$ 240.00	1	RECIBO	\$ -	4 MESES	16	
MANTENIMIENTO	MUESTRA DE LABORATORIO	\$ 150.00	1	RECIBO	\$ -	1 MES	4	

En la tabla 2 se muestra la clasificación de los costos fijos, que son: pago de salarios, renta de local, consumo de electricidad, muestras de laboratorio del producto, agua y pago de telefonía e internet, dando como resultado un total de \$204,444 anuales.

Tabla 2. Costos fijos en la purificación del agua.

TIPO	CONCEPTO	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	PERIODO DE PAGO	COSTO ANUAL
GASTO PROD	CONTADOR	150	1	RENTA	0	1 MES	1800
GASTO PROD	RENTA LOCAL	3200	1	RENTA	0	1 MES	38400
GASTO PROD	ELECTRICIDAD	1670	1	RECIBO	0	2 MESES	10020
MANTENIMIENTO	MUESTRA DE LABORATORIO	150	1	RECIBO	0	1 MES	1800
SERVICIO	SALARIOS	3000	2	SERVICIO	0	SEMANAL	144000
SERVICIO	AGUA	120	1	SERVICIO	0	1 MES	1440
SERVICIO	TRAPEADOR	50	1	PIEZAS	0	3 MESES	\$ 200.00
SERVICIO	ESCOBA	50	1	PIEZAS	0	3 MESES	\$ 200.00
SERVICIO	FRANELAS/MICROFIBRAS	86	4	PIEZAS	0	3 MESES	\$ 344.00
MANTENIMIENTO	FUMIGACION	240	1	RECIBO	0	4 MESES	\$ 720.00
SERVICIO	TELEFONO E INTERNET	460	1	RENTA	0	MENSUAL	5520
COSTO TOTAL ANUAL							204444

En la tabla 3 se encuentra la clasificación de los costos variables en el proceso de purificación, estos dependen de acuerdo a la cantidad del volumen de la producción, durante el periodo de ventas de este análisis, se han producido y vendido 14716 garrafones y generando un costo variable total anual de \$65,580.98, por lo tanto, el costo unitario variable es de \$4.46 por garrafón producido.

Tabla 3. Costos variables.

TIPO	CONCEPTO	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA	PERIODO DE PAGO	COSTO ANUAL	OBSERVACIONES
GASTO PROD	LINER	0.08	1	PIEZAS	0	20905	\$ 1,672.40	(1000 PIEZAS)
GASTO PROD	SELLO	0.16	1	PIEZAS	0	20905	\$ 3,344.80	(1000 PIEZAS)
GASTO PROD	TAPA	0.255	1	PIEZAS	0	20905	\$ 5,330.78	(1000 PIEZAS)
SERVICIO FIJO	CLORO	35	1	GALON	0	1 SEMANA	\$ 1,680.00	(500 ML) GALON (3.780 LITROS)
SERVICIO	ANTIINCORUSTANTE	1350	1	GALON	0	6 MESES	\$ 2,700.00	
SERVICIO	JABÓN L-INT 20 LTS	370	1	LITROS	0	2 MESES	\$ 2,220.00	
SERVICIO	JABÓN EN POLVO EXTERIOR	35	1	KILOS	0	1 MES	\$ 420.00	
GASTO PROD	ETIQUETAS	1.6	1	PIEZAS	0	20905	\$ 33,448.00	1000 PIEZAS/CADA PAQUETE
SERVICIO	JABON ANTIBACTERIAL PARA MANOS	50	1	LITROS	0	1 MES	\$ 600.00	
SERVICIO	EQUIPO DE SEGURIDAD(BOTAS, UNIFOR	750	1	PIEZAS	0	6 MESES	\$ 1,500.00	
MANTENIMIENTO	CAMBIO ZEOLITA	0	1	FT3	600	24 MESES	\$ 300.00	
MANTENIMIENTO	CAMBIO CARBÓN ACTIVADO	0	1	FT3	850	24 MESES	\$ 425.00	
MANTENIMIENTO	LAVADO QUIMICO MEMBRANAS		1	PIEZAS	1000	12 MESES	\$ 1,000.00	
MANTENIMIENTO	REFRACCIONES DIVERSAS	500	1	RECIBO	0	1 MES	\$ 6,000.00	
MANTENIMIENTO	CARTUCHO PULIDOR	180	1	PIEZAS	0	4 MESES	\$ 540.00	
MANTENIMIENTO	IONES DE PLATA	2200	1	BARRA	0	6 MESES	\$ 4,400.00	
VENTA EN EL PERIODO DE ANALISIS 20905 PIEZAS						Costo total anual	\$ 65,580.98	

b. Determinación del punto de equilibrio: Una vez que se obtuvo la clasificación de los costos fijos y variables de acuerdo al volumen de producción (unidades) se procedió a calcular el límite de rentabilidad por medio del método gráfico.

La cantidad de equilibrio se determinó a partir de los costos fijos mensuales, entre el precio unitario de venta menos el costo variable, dando como resultado \$1475.88. Posteriormente, se calculó el ingreso de equilibrio, multiplicando la cantidad de equilibrio por el precio de venta arrojando el valor de \$23,614.2062.

El costo total se obtuvo a partir del costo fijo mensual más el costo unitario por la cantidad de garrafones producidos y vendidos.

El ingreso por ventas se calcula a partir del precio de venta por las unidades producidas y vendidas.

En la tabla 4. Se muestran los datos que se calcularon para obtener el punto de equilibrio; unidades vendidas, costo fijo mensual, costo total e ingresos/ ventas como se menciona anteriormente.

Tabla 4. Datos de la determinación del punto de equilibrio

UNIDADES VENDIDAS	COSTO FIJO MENSUAL	COSTO TOTAL	INGRESOS/ VENTAS	UNIDADES VENDIDAS	COSTO FIJO MENSUAL	COSTO TOTAL	INGRESOS/ VENTAS	UNIDADES VENDIDAS	COSTO FIJO MENSUAL	COSTO TOTAL	INGRESOS/ VENTAS
0	17037	17037	0	1225	17037	22500.5	19600	2450	17037	27964	39200
5	17037	17059.3	80	1230	17037	22522.8	19680	2455	17037	27986.3	39280
10	17037	17081.6	160	1235	17037	22545.1	19760	2460	17037	28008.6	39360
15	17037	17103.9	240	1240	17037	22567.4	19840	2465	17037	28030.9	39440
20	17037	17126.2	320	1245	17037	22589.7	19920	2470	17037	28053.2	39520
25	17037	17148.5	400	1250	17037	22612	20000	2475	17037	28075.5	39600
30	17037	17170.8	480	1255	17037	22634.3	20080	2480	17037	28097.8	39680
35	17037	17193.1	560	1260	17037	22656.6	20160	2485	17037	28120.1	39760
40	17037	17215.4	640	1265	17037	22678.9	20240	2490	17037	28142.4	39840
45	17037	17237.7	720	1270	17037	22701.2	20320	2495	17037	28164.7	39920
50	17037	17260	800	1275	17037	22723.5	20400	2500	17037	28187	40000
55	17037	17282.3	880	1280	17037	22745.8	20480	2505	17037	28209.3	40080
60	17037	17304.6	960	1285	17037	22768.1	20560	2510	17037	28231.6	40160
65	17037	17326.9	1040	1290	17037	22790.4	20640	2515	17037	28253.9	40240
70	17037	17349.2	1120	1295	17037	22812.7	20720	2520	17037	28276.2	40320
75	17037	17371.5	1200	1300	17037	22835	20800	2525	17037	28298.5	40400
80	17037	17393.8	1280	1305	17037	22857.3	20880	2530	17037	28320.8	40480
85	17037	17416.1	1360	1310	17037	22879.6	20960	2535	17037	28343.1	40560
90	17037	17438.4	1440	1315	17037	22901.9	21040	2540	17037	28365.4	40640
95	17037	17460.7	1520	1320	17037	22924.2	21120	2545	17037	28387.7	40720
100	17037	17483	1600	1325	17037	22946.5	21200	2550	17037	28410	40800
105	17037	17505.3	1680	1330	17037	22968.8	21280	2555	17037	28432.3	40880
110	17037	17527.6	1760	1335	17037	22991.1	21360	2560	17037	28454.6	40960
115	17037	17549.9	1840	1340	17037	23013.4	21440	2565	17037	28476.9	41040
120	17037	17572.2	1920	1345	17037	23035.7	21520	2570	17037	28499.2	41120
125	17037	17594.5	2000	1350	17037	23058	21600	2575	17037	28521.5	41200

En la figura 3. Se observa la intersección de los costos totales y el costo total de ingresos/venta, en donde el límite de rentabilidad es de 1475.88 garrafones vendidos con un ingreso de \$23,614.20, a partir de este punto se genera el margen de utilidad que tendrá la purificadora, obteniendo ganancias en su proceso.

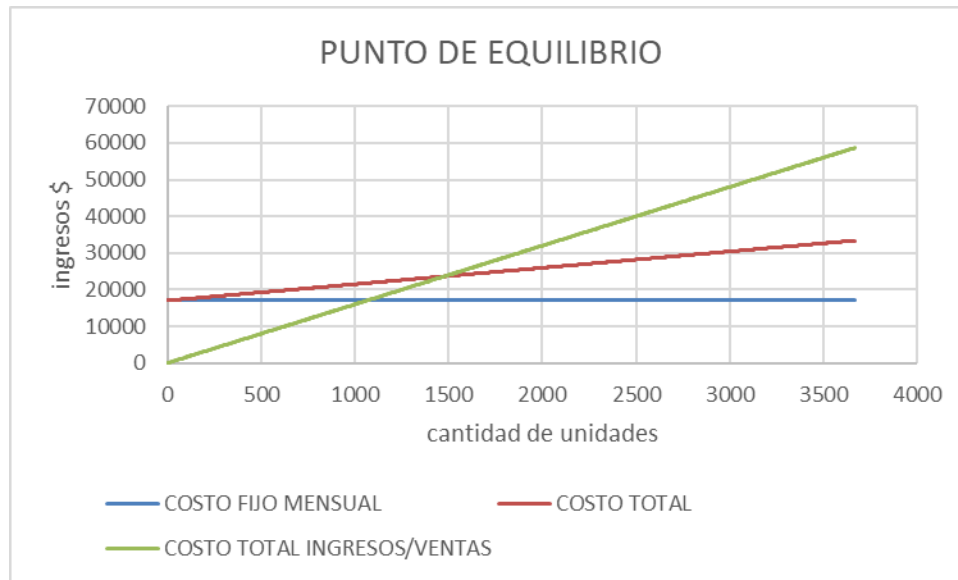


Figura 3. Gráfica del punto de equilibrio.

Conclusiones.

Con la realización del análisis del límite de rentabilidad en la purificadora *acqua essenziale* se obtiene un instrumento que a partir de los resultados se puede utilizar para medir la rentabilidad de la purificadora, el cual es necesario vender el volumen para obtener ganancias.

Existen otros métodos para determinar la rentabilidad; sin embargo, el punto de equilibrio permite visualizar claramente los costos fijos y variables que la empresa asume y es posible tomar decisiones que permitan mejorar dichos costos para obtener ganancias a partir de un volumen de producción menor o pensar en únicamente comercializar en lugar de producir.

Agradecimientos.

Nuestro agradecimiento a la planta purificadora de agua *acqua essenziale* por abrirnos las puertas y compartir información.

Referencias

- Colin, J.G. (2008) Contabilidad de costos, 3era edición, MC Graw Hill.
- Mallo P.E., Artola M.A., Galante M.J., Pascual M.E., Morettini N., Busseto A.R. (2004) Análisis costo-volumen-utilidad bajo condiciones de incertidumbre. XVII Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos.
- Navarro, L.B. (1998) metodología para la determinación del punto de equilibrio en la producción de bienes, que ayude a la planeación de las utilidades de una empresa <http://eprints.uanl.mx/626/1/1020126213.PDF> consultada 20 febrero 2023.
- Tawfik, A.C (1980) Administración de la producción. MC Graw Hill.
<https://economia3.com/punto-equilibrio-que-es-importancia/> consultada 16 marzo 2023.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DISEÑO DE UNA PLATAFORMA RESTFUL PARA ADMINISTRACION DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES

L. A. Gama-Moreno¹, V. Plazola-Soltero¹, C. Murguía-Vadillo¹, J. A. Peralta-Nava¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Km 10 carr Tlajomulco, Cto. Metropolitano Sur, 45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal. luis.gm@tlajomulco.tecnm.mx, violeta.ps@tlajomulco.tecnm.mx, christian.mv@tlajomulco.tecnm.mx, carlos.mh@tlajomulco.tecnm.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)

Resumen: La tecnología de servicios web introducida desde 1993, ha evolucionado la computación distribuida como el punto de partida de una revolución de servicios basados en la Web y en la forma en que concebimos la comunicación entre las aplicaciones. Esta evolución inició con la aparición de protocolos como DCOM (Distributed Component Object Model) introducido por Microsoft y CORBA (Common Object Request Broker Architecture), hasta la aparición de servicios basados en XML (Extensible Markup Language) basado en el protocolo SOAP (Simple Object Access Protocol) y recientemente la aparición de REST/RESTful de un estilo de interfaces de programación (APIs) que describen una interfaz uniforme basadas en el formato de intercambio denominado JSON (JavaScript Object Notation). En este trabajo se presenta el diseño de una plataforma de servicios basada en RESTful, proporcionado una interfaz de programación (API) para la administración y procesamiento de imágenes multiespectrales de cultivos, para la obtención de los índices de Nitrógeno (N) basados en el índice de Vegetación Diferencial Normalizado denominado (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index). Esta plataforma denominada NDVI-REST, está orientada al servicio y procesamiento de imágenes obtenidas por cámaras multiespectrales, para obtener el índice NDVI y de esta manera facilitar la detección de carencias de nutrientes (en este trabajo solo se determina la deficiencia de Nitrógeno). La plataforma NDVI-REST les permitirá a los usuarios (normalmente del ramo agrario) la administración de imágenes tomadas a los cultivos, a través de su dispositivo móvil, en cualquier momento y en cualquier lugar.

Introducción.

Los servicios web son una consecuencia natural de la evolución de la Web hacia un sistema de comunicación abierto, que facilita las interacciones entre aplicaciones procesos desarrollados en diferentes plataformas. Los servicios web se encargan de los problemas de interacción entre aplicaciones en la web y la integración de la infraestructura informática de red existente en la web. Los elementos clave de los servicios web son: *la interoperabilidad, el soporte para la integración eficiente de aplicaciones y la creación de una representación uniforme de aplicaciones dentro de sistemas distribuidos heterogéneos* (Curbera, Nagy, & Weerawarana, 2001).

Las arquitecturas orientadas a servicios no son términos nuevos, ya que antes de que llegaran los servicios web, existían otras tecnologías y arquitecturas que cumplían con la funcionalidad del servicio web actual. Una de las primeras arquitecturas orientadas a servicios en el pasado fue DCOM (Distributed Component Object Model) este fue introducido por Microsoft e implementado por otras plataformas, otra de ellas fue CORBA (Common Object Request Broker Architecture) Introducido por el OMG (Object Management Group) e implementado para distintas plataformas, incluido Windows (Davis & Zhang, 2002). La arquitectura de servicios basados en SOAP (Simple Object Access Protocol) establece un

protocolo estándar de comunicación entre dos procesos diferentes que pueden comunicarse por medio del intercambio de datos basados en XML (Thu, Quang, Nguyen, & Hung, 2022). Y recientemente ha surgido REST (Representational State Transfer) como una arquitectura estándar para diseñar estos servicios, y RESTful se ha definido como una interfaz de programación de aplicaciones (API o API web) que se ajusta a los límites de la arquitectura REST y permite la interacción entre los servicios web a través del formato JSON (Thu, Quang, Nguyen, & Hung, 2022).

En este trabajo se presenta el diseño de una plataforma de servicios basada en RESTful, proporcionando una interfaz de programación (API) para la administración y procesamiento de imágenes multiespectrales de cultivos, para la obtención de los índices de Nitrógeno (N) basados en el índice de Vegetación Diferencial Normalizado denominado (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index). Esta plataforma llamada **NDVI-REST**, está orientada al servicio y procesamiento de imágenes obtenidas por cámaras multiespectrales, para obtener el índice NDVI y de esta manera facilitar la detección de carencias de nutrientes (en este trabajo solo se determina la deficiencia de Nitrógeno). La plataforma NDVI-REST permitirá a los usuarios (normalmente del ramo agrario) la administración de imágenes tomadas a los cultivos, a través de su dispositivo móvil, en cualquier momento y en cualquier lugar. El resto del trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección de “Fundamento Teórico” se presentan las bases documentales que dan soporte a este trabajo, así como el diseño de la plataforma RESTful. En la sección de “Resultados y Discusión” se presentan los resultados obtenidos del procesamiento de las imágenes multiespectrales. Y finalmente se presentan las conclusiones.

Fundamento Teórico.

Representational State Transfer (RESTful).

Los servicios web han evolucionado desde su creación. En 2002, el W3C (World Wide Web Consortium) publicó la definición de servicios web WSDL y SOAP. Esto formó el estándar de cómo se implementan los servicios web. En 2004, se publicó la definición de un estándar adicional llamado RESTful. En los últimos años, este estándar se ha vuelto bastante popular. Y está siendo utilizado por muchos de los sitios web populares de todo el mundo que incluyen Facebook y Twitter. La *Transferencia de Estado Representacional* (REST) es una arquitectura de software que impone condiciones sobre cómo debe funcionar una API (Fielding, 2000). En un principio, REST se creó como una guía para administrar la comunicación en una red compleja como Internet. Es posible utilizar una arquitectura basada en REST para admitir comunicaciones confiables y de alto rendimiento a gran escala. Puede implementarla y modificarla fácilmente, lo que brinda visibilidad y portabilidad entre plataformas a cualquier sistema. Las API que siguen el estilo arquitectónico de REST se llaman API REST (Hamad, 2010). Los servicios web que implementan una arquitectura de REST son llamados servicios web RESTful (ver Figura 1).

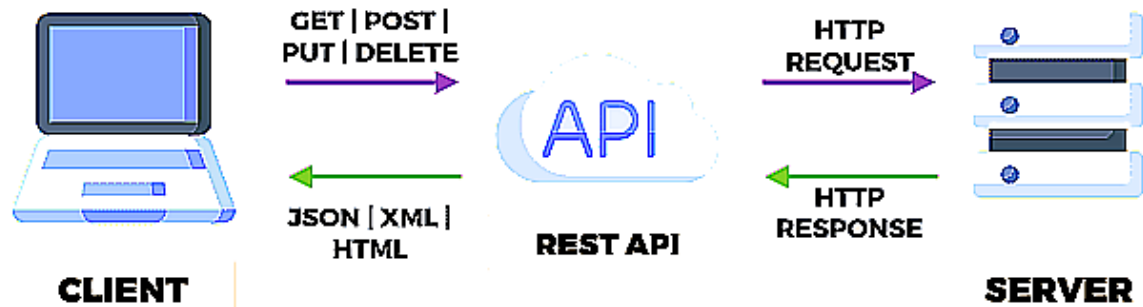


Figura 1 Arquitectura de la API REST/RESTful

API RESTful para Agricultura de Precisión

La Agricultura de Precisión (AP), se refiere a la gestión de la producción agrícola a partir de la observación, la medida y la forma de resolver cualquier factor que puedan determinar que un cultivo tenga éxito o no (Bramley, 2009) (Ehrl & Col., 2003) (McLoud & Col, 2007). La AP se ha convertido en un gran aliado en el campo agrícola, entre algunas de sus características están, por ejemplo, aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto. Es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote (Bramley, 2009) (Ehrl & Col., 2003) (McLoud & Col, 2007). La agricultura de precisión involucra el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo (Ehrl & Col., 2003) (El-Rabbany, 2006) (Kaplan & Hegarty, 2006). Las tecnologías de la AP permiten satisfacer una de las exigencias de la agricultura moderna: el manejo óptimo de grandes extensiones. Los avances en AP han permitido mejorar considerablemente el nivel predictivo, a través de la investigación y desarrollo de los siguientes componentes: 1) La variabilidad espacial de rendimiento y calidad, 2) El uso de la teledetección en la agricultura, 3) La integración del Índice Diferencial de Vegetación Normalizada (NDVI) sobre el estatus hídrico de la planta, 4) La integración del NDVI sobre la calidad y el rendimiento, y 5) aplicación sitio-específica del volumen foliar como indicador de vigor y expresión vegetativa al interior del escenario agrícola. NDVI es precisamente la base del servicio API RESTful que se describe en este trabajo. El cual integra los servicios de administración de imágenes a través de la interoperabilidad del sistema con los dispositivos móviles, que son los que realizan el procesamiento de las imágenes multiespectrales tomadas por una cámara dual modificada de bajo costo, que consta de dos lentes, uno modificado para capturar imágenes del espectro infrarrojo (*innovación) y otro lente normal para capturar los colores RGB (Gama Moreno, Plazola Soltero, Murguía Vadillo, Martínez Hernández, & López Carrillo, 2022). El dispositivo móvil procesa estas dos imágenes (del mismo objeto) utilizando la aplicación NDVICam, diseñada para teléfonos móviles que realiza un barrido "pixel a pixel" de cada imagen, para determinar el índice NDVI, por la diferencia entre los colores "rojos" de ambas imágenes (Gama Moreno, Ramírez Ramírez, Martínez Hernández, Murguía Vadillo, & Torres Rangel, 2018).

Resultados y Discusión.

Se desarrolló una plataforma web basada en RESTful para facilitar la administración de las imágenes multispectrales denominada NDVI-REST. Esta plataforma permite a los usuarios administrar las imágenes en un ambiente web (a través del protocolo HTTP) con la finalidad de simplificar las operaciones CRUD (Create, Read, Update y Delete). La Figura 2 muestra un diagrama de secuencias que describe la metodología de cómo se realizan el procesamiento de una imagen desde la captura hasta el almacenamiento en “la nube”.

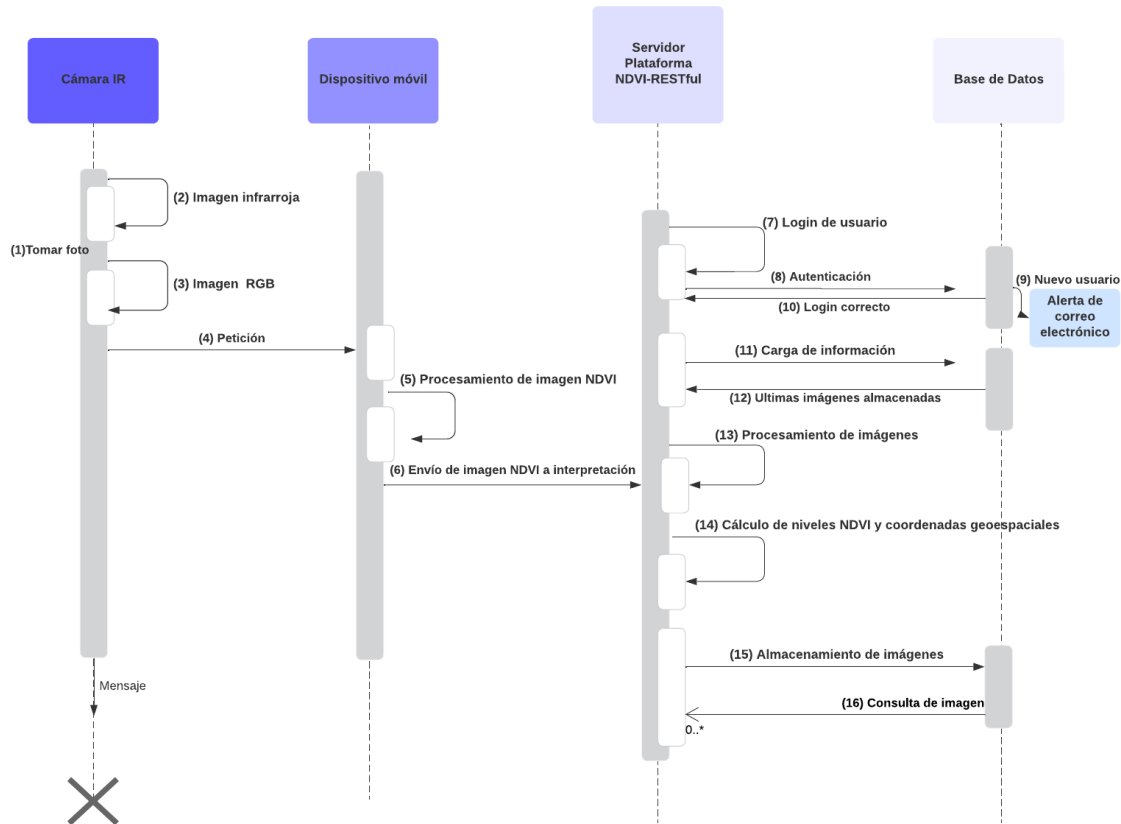


Figura 2 Diagrama de secuencias para registrar imagen.

El proceso inicia con el actor principal que es el usuario, quien toma las imágenes (1) mediante el prototipo de cámara multispectral (Gama Moreno, Plazola Soltero, Murguía Vadillo, Martínez Hernández, & López Carrillo, 2022), el resultado son dos imágenes de la misma dimensión en píxeles y en resolución, pues son tomadas con el mismo lente, con la diferencia del espectro captado por el filtro de cada lente, una imagen captada con el lente RGB (2) y la otra imagen tomada con el lente NIR (infrarrojo cercano) (3). Estas imágenes se transmiten al dispositivo móvil (4) para iniciar el procesamiento del algoritmo NDVI. El actor “Dispositivo Móvil” procesa ambas imágenes mediante la aplicación NDVICam (5) aplicando la fórmula de obtención del índice NDVI y la relación del nivel de Nitrógeno (ver Figura 3). Este resultado es enviado a la plataforma NDVI-RestFul (6) mediante el protocolo HTTP para su almacenamiento. Una vez que el usuario es autenticado (7, 8); se realiza la

carga de información en la base de datos desglosando la información en datos geospaciales, tipo de espectro utilizado, tamaño de archivo y el correspondiente NDVI obtenido de su procesamiento, con lo que queda disponible para su transmisión o difusión.

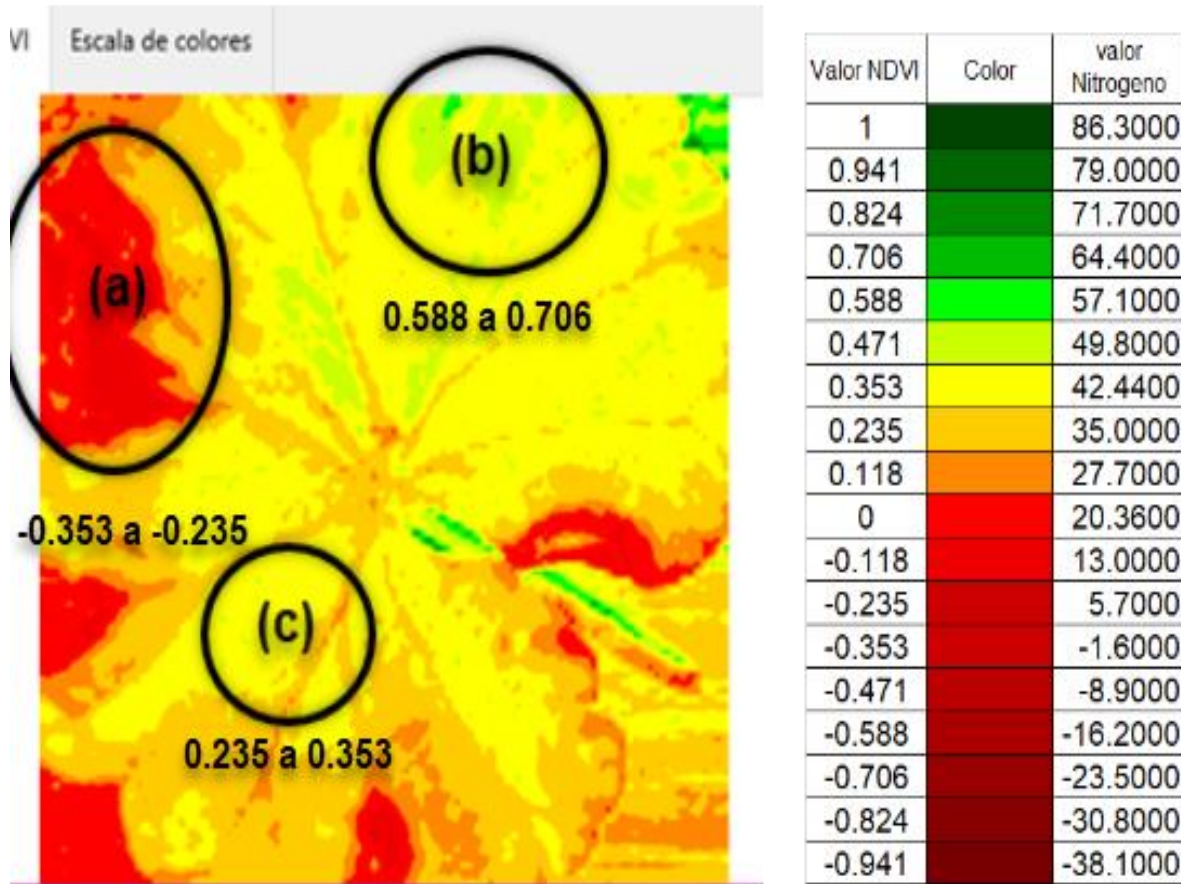


Figura 3 Relación del valor NDVI con el valor de Nitrógeno en una hoja de calabaza.

En la Figura 3 se ilustra el resultado obtenido por el procesamiento de imágenes tomadas a hojas de calabaza y la relación del índice NDVI (contenido de clorofila o el “verdor” de las plantas) con el valor de Nitrógeno. Este valor cuantifica los cambios o tendencias sutiles en la salud de las plantas **mucho antes de que sean visibles para el ojo humano**. En la región de la Figura 3(b), la presencia de clorofila en las hojas está estrechamente relacionado con las condiciones nutricionales de la planta y en algunas especies, un valor NDVI alto indicando una planta sana. El contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de Nitrógeno (un importante nutriente) presente en la hoja. En la región de la Figura 3(c) se observa un decremento en el valor NDVI lo cual indica un decremento en el contenido de clorofila y la concentración de nitrógeno. Este decremento puede ser debido a una carencia de nitrógeno disponible en el suelo, lo que se puede solucionar agregando más fertilizante al suelo en esa región. Por último, en la región de la Figura 3(a) se muestra un color “rojizo” lo cual indica que en esa parte de la imagen no existe verde, lo cual puede ser el suelo, agua o cualquier otro objeto ajeno a un organismo

vegetal, y si es el caso de existir vegetación, el color indica que estaría “muerta” esa región de la planta, como sucede normalmente en los bordes secos de la hoja.

Estas lecturas se denominan “no-invasivas” ya que solo implica sujetar la cámara dual y capturar las imágenes sobre el tejido frondoso y así recibir una lectura indexada NDVI asociada al contenido de clorofila. El contenido de clorofila y la absorción de Nitrógeno se han correlacionado con las unidades obtenidas por el dispositivo comercial SPAD-502 (\$3,000 USD aprox.) diseñado para obtener valores de clorofila y N). Existe una clara correlación entre las mediciones del NDVI y el contenido en nitrógeno en la hoja. Se encontró que la intensidad del color de las hojas está directamente relacionada con el contenido de clorofila y de la cantidad de nitrógeno en la hoja. Con estos valores se puede reducir el riesgo de deficiencias limitantes del rendimiento y reducir costos con respecto a fertilización.

Conclusiones.

En este trabajo se presentó el diseño de una plataforma de servicios basados en la API RESTful, para permitir la administración y manipulación de imágenes multiespectrales, tomadas a cultivos controlados como: *maíz, calabaza, fresa*, entre otros; a través de una cámara dual modificada de bajo costo, que captura imágenes del espectro infrarrojo (*innovación) y los colores RGB. Estas imágenes son procesadas por el dispositivo móvil de los usuarios utilizando la aplicación NDVICam para determinar el índice NDVI y una correlación del índice de Nitrógeno (un trabajo futuro es agregar otros nutrientes como fósforo, potasio y otras magnitudes como los son la temperatura y humedad del medio de cultivo, así como la incorporación de estos instrumentos a invernaderos para complementar su tecnificación). Las ventajas de usar la cámara dual y la app NDVICam, es que le permiten al agricultor conocer el estado de salud de sus cultivos, con métodos “no-invasivos” y con dispositivos de bajo costo y de uso diario como su teléfono móvil, que le permite tomar decisiones directamente en el campo en cualquier momento y en cualquier lugar.

Agradecimientos.

Este trabajo se desarrolló dentro del proyecto de investigación financiado por TecNM: "Plataforma de servicios RESTful para una base de datos de diagnóstico nutricional relacionado con las etapas fenológicas de cultivos" Clave: 15089.22-P. Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Jal. Apoyado también en el proyecto de Desarrollo Tecnológico “Prototipo de cámara espectral infrarroja de bajo costo para la obtención NDVI” Clave: 12274.21-P financiado por TecNM.

Referencias

- Bramley, R. G. (2009). Lessons from nearly 20 years of Precision Agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application. *Crop & Pasture Science*, 60(3), 197–217.
- Curbera, F., Nagy, W., & Weerawarana, S. (2001). *Web Services: Why and How*.

- Davis, A., & Zhang, D. (2002). A comparative study of DCOM and SOAP. Fourth International Symposium on Multimedia Software Engineering, 2002. Proceedings. (pp. 48-55). Newport Beach, CA, USA: doi: 10.1109/MMSE.2002.1181595.
- Ehrl, M., & Col. (2003). Quality assessment of agricultural positioning and communication systems. Precision agriculture: Proceedings of the 4th European conference on precision agriculture. (2003). In J. V. Stafford (pp. 205–210). Wageningen, The Netherlands: A. Werner.
- El-Rabbany, A. (2006). Introduction to GPS: The global positioning system. 2. Norwood, MA: USA: Artech House.
- Fielding, R. (2000). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. PhD Dissertation. University of California, Irvine, CA, USA.
- Gama Moreno, L. A., Plazola Soltero, V. H., Murguía Vadillo, C. G., Martínez Hernández, C., & López Carrillo, E. (2022). Prototipo de Cámara Infrarroja para obtener el Índice NDVI en Agricultura de Precisión. Revista Programación Matemática y Software, Vol. 14.(1), pp. 9-21. ISSN (e): 2007-3283. Indexada por LatinIndex. Retrieved from <http://www.progmat.uaem.mx:8080/Vol14num1/vol14no1art2.pdf>
- Gama Moreno, L. A., Ramirez Ramirez, F., Martínez Hernández, C., Murguía Vadillo, C. G., & Torres Rangel, J. Á. (2018). NDVICam, aplicación para monitoreo de cultivos basado en el índice NDVI a través de dispositivos móviles. Revista Electrónica Coloquio Internacional de Investigación Transdisciplinaria, Vol. III. ISSN 2448-7104, 174-181.
- Hamad, H. S. (2010). Performance Evaluation of RESTful Web Services for Mobile Devices. Int. Arab. J. e Technol., 1(3), 72-78.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2006). Understanding GPS—Principles and applications (2nd ed.). Norwood, MA: USA: Artech House.
- McCloud, P. R., & Col. (2007). Precision agriculture: NRCS support for emerging technologies., (Vol. Agronomy Technical Note No.1). Washington, DC, USA: USDA-NRCS.
- Thu, D., Quang, L., Nguyen, D., & Hung, P. (2022). A Method of Automated Mock Data Generation for RESTful API Testing. 2022 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies (RIVF) (pp. 376-381). Ho Chi Minh City, Vietnam: doi: 10.1109/RIVF55975.2022.10013835.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DISEÑO DE UN SITIO WEB PARA LA PROMOCIÓN Y VENTA EN LÍNEA DE PRODUCTOS DE ORIGEN ARTESANAL DEL MUNICIPIO DE NAUPAN, PUEBLA

I. Cázares-Hernández¹, G. Castillo-Quiroz¹, M. Cruz-Luna¹, H. Hernández-Cabrera¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango/Maestría en Tecnologías de la Información, Avenida Tecnológico No. 80, Col. 5 de octubre, Huauchinango Puebla, México, C.P. 73173 - m22315014@huauchinango.tecnm.mx, gregorio.cq@huauchinango.tecnm.mx, manuel.cl@huauchinango.tecnm.mx, hugo.hc@huauchinango.tecnm.mx

Área de participación: Aplicaciones en entornos web y móvil (ISC)

Resumen: El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sitio web multilinguaje (español, inglés y náhuatl) para la venta en línea de productos de origen artesanal de los pueblos originarios del municipio de Naupan, Puebla mediante el uso y aprovechamiento de las tecnológicas de las información y comunicación a través del comercio electrónico y evaluar la experiencia del usuario al interactuar con el sitio. Para esto se siguió la metodología de Design Thinking dando como resultado que en el diseño propuesto los colores claros son agradables, es fácil de entender, el contenido multimedia es de alta calidad, la opción de accesibilidad es inclusiva, la opción de multilinguaje es una excelente medida que sirve para abonar en el fomento y preservación del idioma náhuatl y los artesanos del municipio si utilizarían el módulo de comercio electrónico para realizar la venta de sus artesanías.

Introducción

Según la UNESCO dice que la labor de salvaguardia debe orientarse a alentar a los artesanos a que sigan fabricando sus productos y transmitiendo sus conocimientos y técnicas a otras personas, dentro de sus comunidades (UNESCO, 2022).

Los productos artesanales son los producidos por artesanos, ya sea totalmente a mano, o con la ayuda de herramientas manuales o incluso de medios mecánicos, siempre que la contribución manual directa del artesano siga siendo el componente más importante del producto acabado. (Manila, Filipinas., 1997).

Hablando del sector artesanal en México el secretario de Turismo Miguel Torruco Marqués, indicó que: México ocupa el tercer lugar en el mundo en la manufactura de artesanías, siendo el sustento de más de 8 millones de artesanos y de acuerdo con información de la Cuenta Satélite del Turismo de México, en la distribución del peso turístico, la compra de artesanías en 2019 representó el 11.4% (Garlem, J., 2022).

En la actualidad algunas soluciones que han tomado importancia a nivel nacional e internacional para la venta de los productos del sector artesanal son las que emplean las TIC a través del comercio electrónico utilizando un sitio web con catálogo de productos en línea lo cual facilita la comercialización de los productos artesanales.

El comercio electrónico se entiende como el proceso de compra, venta o intercambio de bienes, servicios e información a través de las redes informáticas, cuyo pago puede o no ser hecho en línea (INEGI, 2022).

Las TIC son múltiples herramientas tecnológicas dedicadas a almacenar, procesar y transmitir información, haciendo que ésta se manifieste en sus tres formas conocidas: texto, imágenes y audio (Zambrano, F., 2009).

Un ejemplo del empleo de las TIC utilizando el comercio electrónico para venta de artesanías es el del municipio colombiano de Boyacá, cuenta con un sitio web “Artesanías Boyacá” para la venta de productos artesanales que incluye un catálogo de artesanos en donde se exponen sus artesanías (Artesanías Boyacá, 2022).

A nivel nacional podemos encontrar otros sitios web que han empleado las TIC como es el caso de “Artesanías de México” que promociona los productos en arte huichol, alebrijes, árboles de la vida, tapetes de lana y otros productos, cuenta con módulo de venta en línea, descripción e imagen de la artesanía, precio y stock (Artesanías de México, 2022).

Otro caso es el de “Manos Mágicas” en el municipio de Cuetzalan, Puebla en el cual sus productos artesanales para venta son principalmente artesanías orientadas hacia la mujer, alimentos típicos de la región y accesorios para el hogar, en el cual, para proceder a la compra, un agente de ventas se pone en contacto vía telefónica con el comprador (Manos Mágicas, 2022).

Un sitio web que, si incluye productos artesanales del municipio de Naupan, Puebla como lo son prendas hechas con tejidos y diseños artesanales es el de “someonesomewhere”. Su catálogo de artesanías está compuesto por productos artesanales de varios estados de la república y cuenta con módulo de venta en línea para recibir pagos con tarjetas de crédito y débito (Someone somewhere, 2021).

Hablando del municipio de Naupan, que es una comunidad indígena náhuatl enclavada en la Sierra Norte de Puebla, el sector artesanal produce artesanías que incluyen la elaboración de textiles tradicionales compuestos por prendas bordadas a mano con estambre, en tela de manta y lino hechas con tejidos y diseños artesanales para dama, caballero y niño como son bolsas, blusas, camisas, rebozos, fajas y el tradicional quexquémitl, también la cestería con vara de tzanica, café y licor de café artesanal, panela y comales de barro. Todo esto se comercializa de manera directa en las casas de los artesanos a donde los clientes asisten para conocer sus productos y realizar la compra, debido a que la mayoría no cuenta con un local comercial propio dentro de su localidad. Otra vía que utilizan para la venta es asistir a tianguis, ferias y exposiciones artesanales en diferentes localidades, municipios y estados de la república mexicana, lo cual conlleva que tengan que costear su traslado, alimentación y hospedaje a esos lugares disminuyendo significativamente sus ganancias. Con esta propuesta de diseño, se espera incluir los elementos que permitan promover el crecimiento económico, el trabajo cultural y el empleo de las personas involucradas en el sector artesanal, también se busca facilitar la venta y promoción de los productos locales de los pueblos originarios del municipio de Naupan Puebla. Además de contribuir al reconocimiento de las comunidades indígenas y fomentar la igualdad de oportunidades, eliminar prácticas discriminatorias e impulsar el desarrollo de las comunidades indígenas con el propósito del fortalecimiento de sus economías locales.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para llevar a cabo el diseño del sitio se utilizó la metodología de Design Thinking que tiene un proceso iterativo para dar soluciones innovadoras a problemas, consta de 5 fases: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar (Geniallyblog, 2022).

Empatizar

Etapa en la que se buscó identificar las necesidades y los problemas de los clientes siendo la comercialización de los productos artesanales que se generan en el municipio de Naupan, Puebla en su mayoría se realiza de manera directa en las casas de los artesanos a donde los clientes asisten para conocer sus productos y realizar la compra, debido a que la mayoría no cuenta con un local comercial propio dentro de su localidad. Otra vía que utilizan para la venta es asistir a tianguis, ferias y exposiciones artesanales en diferentes localidades, municipios y estados de la república mexicana, lo cual conlleva que tengan que costear su traslado, alimentación y hospedaje a esos lugares disminuyendo significativamente sus ganancias.

Definir

Etapa en la que se analizó la información recopilada y se determinaron los problemas y necesidades para el sitio web con el objetivo de presentar el diseño de un sitio web multilinguaje (español, inglés y náhuatl) para la venta en línea de productos de origen artesanal de los pueblos originarios del municipio de Naupan, Puebla mediante el uso y aprovechamiento de las tecnológicas de las información y comunicación a través del comercio electrónico con la finalidad de poder crear oportunidades de nuevos nichos de mercado para los productos de los artesanos.

Idear

Etapa en la que se realizaron y presentaron distintas soluciones, en la Figura 1 se muestra el mapa de navegabilidad del sitio de promoción y venta en línea de productos de origen artesanal del municipio de Naupan, Puebla donde se muestran los apartados de las páginas que conformarán el sitio los cuales son: la página de Inicio, Catálogo de artesanos que a su vez se conforma de Catálogo de artesanías, Productos seleccionados, Añadir al carrito, Contacto, Accesibilidad, Idioma y Carrito de compras que se conforma de la página Pago.

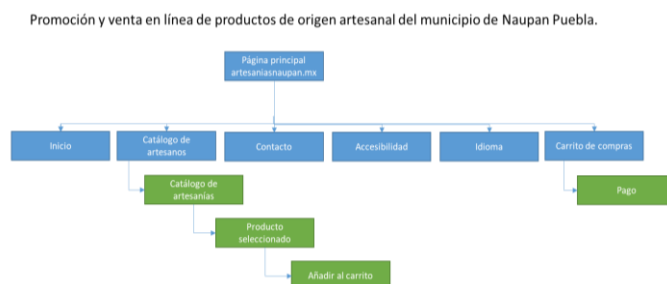


Figura 1.- Mapa de navegabilidad del sitio.

Maquetar/Prototipar

En esta etapa se realizó el prototipo tomando como referencia las ideas que surgieron en la etapa anterior, se evaluó su funcionamiento para poder realizar mejoras con el objetivo de determinar si el producto realmente cumple con las necesidades de los usuarios, como resultado del diseño se tiene el maquetado del sitio web multilinguaje (español, inglés y náhuatl) para la venta en línea de productos de origen artesanal de los pueblos originarios del municipio de Naupan, Puebla mediante el uso y aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a través del comercio electrónico, creando oportunidades de nuevos canales de comercialización para las artesanías elaboradas en el municipio. En la Figura 2 en (a) y (b) se presenta la página de Inicio con su encabezado, cuerpo y pie de página, en esta página se encuentra el menú de opciones conformado por: Inicio, Catálogo de artesanos, Accesibilidad, Contacto, Redes sociales, Idioma y Carrito de compras, en el cuerpo de la página se presenta la descripción de la cultura, tradición y sitios de interés del municipio Naupan, Puebla con una galería fotográfica, fotos y video 360 grados y tomas con dron de sitios turísticos.

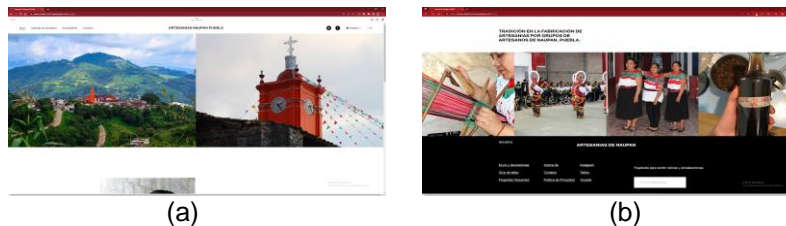


Figura 2.- Página de Inicio: (a) Encabezado y cuerpo, (b) Cuerpo y pie de página.

En la Figura 3 (a) se muestra la opción del menú Catálogo de artesanos, aquí se presentan los diferentes grupos de artesanos originarios del municipio de Naupan, Puebla. Al seleccionar un grupo de artesanos se encuentra el catálogo de artesanías que venden y en la Figura 3 (b) se muestra el catálogo de las diferentes artesanías que vende cada grupo de artesanos con sus imágenes por artesanía, precio y categorías existentes, también contiene una galería fotográfica y de video donde se describe el origen del grupo artesanal, quienes lo conforman y las técnicas utilizadas en la elaboración de sus artesanías.

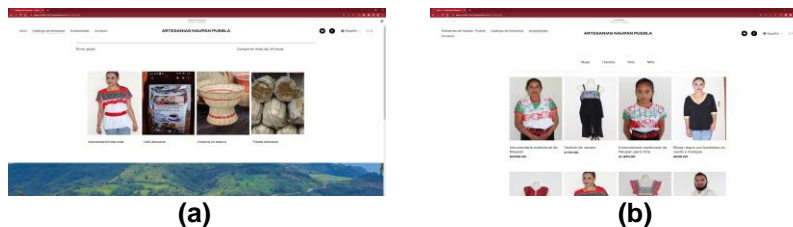


Figura 3.- Catálogos: (a) de artesanos, (b) de artesanías.

En la Figura 4 (a) se presenta la página de Producto seleccionado, en esta página se muestran diferentes fotos del producto seleccionado, breve descripción de quiénes y cómo lo elaboraron, su precio y la opción de agregar al carrito de compras. En la Figura 4 (b) se muestran todos los productos que se añadieron al carrito de compras, imagen del producto, cantidad y precio a pagar por artesanía y un botón de Pago para realizar la compra.

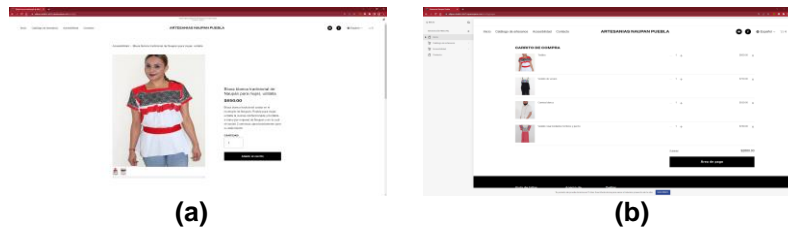


Figura 4.- (a) Página Producto seleccionado, (b) Pagina Carrito de compras.

En la Figura 5 (a) se muestra la página de Pago con la cantidad total de productos a comprar junto con el costo para proceder a hacer la transacción con tarjeta de crédito o débito o con referencia para pagar en banco. En la Figura 5 (b) se presenta la opción del menú principal de Contacto, en esta página se encuentran los correos de contacto, número de teléfono del administrador de la página para que los visitantes del sitio puedan preguntar cualquier duda acerca de los datos mostrados y para que un artesano o grupo de artesanos de la región de Naupan que estén interesados en publicar sus artesanías se pongan en contacto con el administrador de la página.

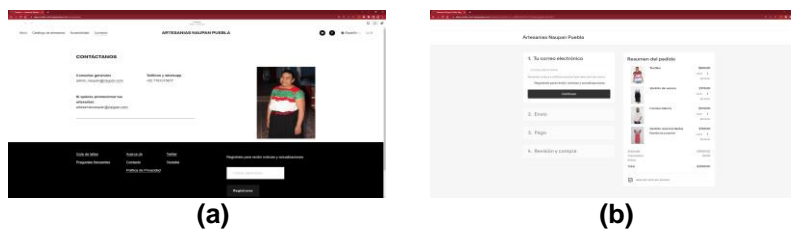


Figura 5.- (a) Contacto, (b) Página de Pago

En la Figura 6 (a) se presenta la opción del menú principal de Accesibilidad a través de un menú emergente que nos permite configurar el sitio web para mejorar la visualización del texto: aumentar el texto, reducir el texto, agregar mayor contraste, hacer la letra más legible y reiniciar valores. En la Figura 6 (b) se muestra un menú emergente que da la opción de traducir el sitio web en idioma inglés, español y náhuatl.

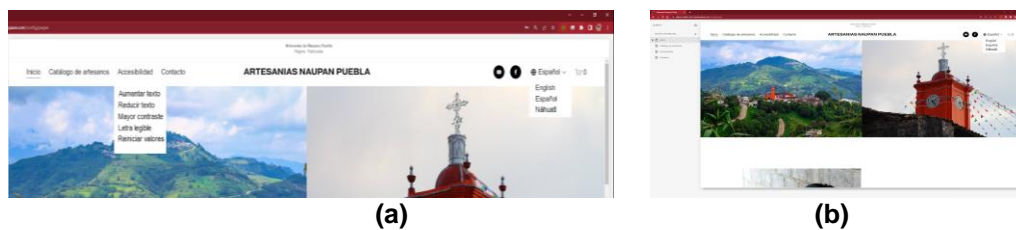


Figura 6.- (a) Accesibilidad, (b) Idioma.

Evaluar

Etapa en la que los usuarios prueban el prototipo y con base en su opinión se determina si la solución es correcta o si es necesario modificarla. Definida la solución, se realiza la versión final del producto. Se aplicaron las siguientes preguntas a los usuarios entrevistados y a expertos en el área de diseño: 1. ¿En general le agradan los colores del sitio web?, 2. ¿Encuentra intuitivo el uso de los

menús del sitio web?, 3. ¿Le agrado el material multimedia que promueve al municipio de Naupan?, 4. ¿Considera útil el menú de idiomas en el sitio web?, 5. ¿Le resultó fácil encontrar el tipo de artesanía que buscaba?, 6. ¿Le resultó fácil comprar o tratar de comprar algún producto artesanal?, 7. ¿Desea agregar algún comentario o sugerencia?.

Resultados y Discusión.

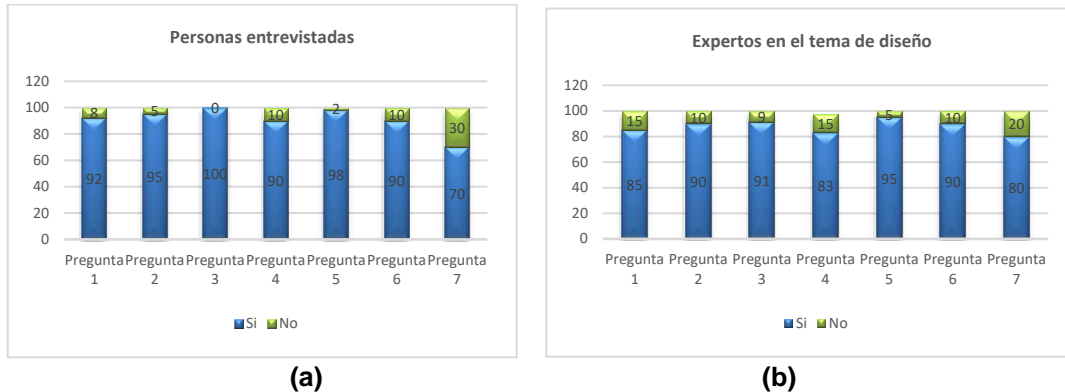


Figura 11.- a) Personas entrevistadas, b) Expertos en el tema de diseño entrevistados

Con los resultados de las encuestas realizadas a personas y expertos en el tema de diseño de sitios web, se encontró que, los colores claros de fondo utilizados en el sitio web fueron del agrado de ellos por lo que no se realizaron más cambios en este aspecto. En cuestiones del uso de menús se tuvo una respuesta positiva ya que las personas entrevistadas agregaron que el sitio es fácil de entender y navegar. En cuanto al material multimedia que se encuentra en el sitio web, tanto el que promueve la historia, cultura y tradición del municipio y como el que promociona sus artesanías, las personas entrevistadas y expertos coincidieron en que éste es de alta calidad y nunca antes producido similar para el municipio. También los dos grupos de entrevistados en la pregunta de si es útil el menú de idiomas que se encuentra en el sitio web coincidieron en su mayoría en que es una excelente medida que sirve para abonar en el fomento y preservación del idioma náhuatl. Teniendo en cuenta consejos de los expertos se pudo mejorar la navegabilidad para encontrar de manera más rápida ciertas artesanías agrupando a los diferentes grupos de artesanos que participan en el sitio web y no teniendo un sólo catálogo mezclado con todas las artesanías elaboradas en Naupan, por ejemplo, si un visitante quiere encontrar una artesanía en específico, primero se dirige y selecciona el menú del catálogo de artesanos (el cual está visible en la página principal) y luego escoge alguno de éstos y ya adentro selecciona el tipo de artesanía que desea comprar. Como comentarios finales los usuarios externaron que el menú de accesibilidad es una buena herramienta y los artesanos del municipio de Naupan, Puebla si utilizarían el módulo de comercio electrónico para realizar la venta de sus artesanías.

Conclusiones.

En el presente artículo se presenta los resultados del diseño un sitio web multilinguaje (español, inglés y náhuatl), en el que se pueden promocionar y vender en línea los productos artesanales de los pueblos originarios del municipio de Naupan, Puebla que muestra el catálogo de artesanos con su respectivo catálogo de artesanías, con la opción de seleccionar y añadir al carrito para realizar las compras y proceder al pago. Además, incluye en su página de Inicio la descripción de la cultura, tradición y sitios de interés del municipio Naupan, Puebla que contiene una galería fotográfica, fotos y video 360 grados y tomas con dron de sitios turísticos. Para el diseño del sitio web se empleó la metodología Design Thinking. Con este proyecto se presenta una propuesta de diseño que permitirá con el uso de las tecnologías de la información construir un sitio que contribuirá en incrementar el crecimiento económico, el empleo, el trabajo cultural y la venta de los productos locales de los pueblos originarios del municipio de Naupan, Puebla. Además de promover el reconocimiento de las comunidades indígenas y fomentar la igualdad de oportunidades, eliminar cualquier práctica discriminatoria e impulsar el desarrollo de las comunidades indígenas con el propósito de fortalecer las economías locales.

Agradecimientos.

Expresamos nuestro agradecimiento al Sistema Nacional de Posgrados/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango/Maestría en Tecnologías de la Información por el apoyo brindado para el desarrollo y culminación de este proyecto.

Referencias

- Artesanías de Boyacá, (2022). Catálogo de artesanos. Artesanías Boyacá. Colombia. Consultado el 5 de noviembre de 2022. Disponible en <https://artesanias.boyaca.gov.co/catalogos-de-artesanos/>
- Artesanías de México, (2022). Catálogo de artesanías. México. Consultado el 5 de noviembre de 2022. Disponible en <https://artesianiademexico.com/es/cart-checkout>
- Basantes Suñiga, Á. J. (2022). Análisis comparativo sobre la plataforma de desarrollo No-Code Glideapp y la Plataforma Low-Code Outsystems en la creación de aplicaciones web (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB-FAFI. 2022).
- Garlem, J., (2022, 14 de octubre). Artesanías, gran motivador de viaje e impulsor del gasto turístico: Torruco. CRONICA. Consultado el 04/11/2022. Disponible en <https://www.cronica.com.mx/nacional/artesanias-gran-motivador-viaje-e-impulsor-gasto-turistico-torruco.html>
- Geniallyblog, (2022). Las 5 fases del Design thinking, cómo idear la solución genial. Consultado el 08 de enero de 2022. Disponible en: <https://blog.genial.ly/fases-design-thinking/#:~:text=Las%205%20fases%20del%20design%20thinking%20son%3A%20empar%2C%20definir%2C,de%20perfeccionar%20la%20soluci%C3%B3n%20alcanzada.>
- INEGI, (2022). Valor Agregado Bruto del Comercio Electrónico. Antecedentes. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/vabcoel/2018/>
- Manos Mágicas, (2022). Artesanías. México. Consultado el 5 de noviembre de 2022. Disponible en <https://turismoencuetzalan.com/artesania/mx/>
- Manila, Filipinas, (1997). Informe final SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE "LA ARTESANIA Y EL MERCADO INTERNACIONAL: COMERCIO Y CODIFICACION ADUANERA", Manila,

- Filipinas - 6-8 de octubre de 1997). UNESCO. Consultado el 04/11/2022. Disponible en https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000111488_spa.locale=es
- Rodríguez, M. (2021). Wordpress. Obtenido de freidercreativo. Wordpress. Consulta el 12 de noviembre del 2022. Disponible en https://quantika14.com/wpresa/docu_download/Empezando-con-wordpress.pdf
- W3Techs, (2022). Usage statistics of content management systems.
- Someone somewhere, (2021). Tiendas. México. Consultado 04 de noviembre 2022 de <https://someonesomewhere.mx/>
- UNESCO, (2022). Patrimonio cultural inmaterial. México. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. Consultado el 03/11/2022. Disponible en <https://ich.unesco.org/es/tcnicas-artesanales-tradicionales-00057>
- Zambrano, F., (2009). Las TICS en nuestro ámbito social. Revista Digital Universitaria, ISSN: 1607-6079, Publicación mensual. 01 de noviembre de 2009, Vol.10, No. 11. Consultado el 06 de diciembre de 2022. Disponible en <https://www.revista.unam.mx/vol.10/num11/art79/int79.htm>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

CREACIÓN DE UN REPOSITORIO DE DATOS EN WINDOWS AZURE

F.A. Torres Vergara¹, G. Castillo-Quiroz¹, M. Cruz-Luna¹, H. Hernandez-Cabrera¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Avenida Tecnológico No. 80, Col. 5 de octubre, Huauchinango Puebla, México, C.P. 73173
m21315012@huauchinango.tecnm.mx, gregorio.cq@huauchinango.tecnm.mx,
manuel.cl@huauchinango.tecnm.mx, hugo.hc@huauchinango.tecnm.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)

Resumen: El proyecto "Creación de un repositorio de datos en Windows Azure" tiene como objetivo principal la creación de un sistema de almacenamiento y gestión de datos en la nube de Microsoft Azure para una empresa o institución en particular. El sistema permitirá el almacenamiento, procesamiento y acceso a grandes volúmenes de información de forma segura y eficiente. Entre las principales actividades del proyecto se incluyen el diseño y configuración de la infraestructura en Azure, la creación y configuración de una base de datos, la integración de herramientas de seguridad y monitoreo, y la implementación de interfaces de usuario y servicios de acceso a datos. Una vez completado el proyecto, la empresa o institución podrá acceder a su repositorio de datos en la nube desde cualquier lugar y dispositivo, lo que les permitirá tener una mayor eficiencia en la gestión y utilización de su información.

Summary: The "Creation of a data repository in Windows Azure" project aims to create a cloud-based data storage and management system in Microsoft Azure for a specific company or institution. The system will allow for the secure and efficient storage, processing, and access to large volumes of information. The main activities of the project include designing and configuring the Azure infrastructure, creating and configuring a database, integrating security and monitoring tools, and implementing user interfaces and data access services. Once the project is completed, the company or institution will be able to access their data repository in the cloud from anywhere and any device, allowing for greater efficiency in the management and utilization of their information.

Introducción.

La creación de repositorios de datos ha sido una práctica común desde hace siglos, aunque con la llegada de la tecnología moderna, estas herramientas se han vuelto cada vez más sofisticadas y poderosas. Los primeros repositorios de datos surgieron en la antigüedad, cuando los registros y documentos importantes se almacenaban en arcas y cajas fuertes. Con el tiempo, estas herramientas evolucionaron hacia bibliotecas, museos y otros centros de almacenamiento y gestión de información.

Uno de los primeros inventores de un repositorio moderno fue Paul Otlet, un bibliotecario belga que a principios del siglo XX creó una herramienta llamada "Mundaneum" que buscaba almacenar y clasificar todo el conocimiento humano en una sola ubicación. Aunque el proyecto nunca se completó, sentó las bases para muchas de las herramientas de gestión de información que utilizamos hoy en día.

En este contexto, el proyecto "Creación de un repositorio de datos en Windows Azure" es un paso adelante en la evolución de estas herramientas. Al utilizar la tecnología en la nube de Microsoft, se busca crear un repositorio que sea accesible,

seguro y escalable, permitiendo a los usuarios almacenar, buscar y acceder a datos de una manera más eficiente y efectiva.

La creación de un repositorio de datos en Windows Azure es un proyecto de gran importancia debido al papel fundamental que desempeñan los repositorios en la organización y almacenamiento de información en la era digital. Desde los primeros repositorios de la antigüedad, como la famosa Biblioteca de Alejandría, hasta la creación de los sistemas de almacenamiento de información digitales de hoy en día, como Windows Azure, estos han sido cruciales para el avance del conocimiento y la preservación de la historia.

En este contexto, el proyecto de creación de un repositorio de datos en Windows Azure se enfoca en la preservación y promoción del conocimiento sobre las plantas medicinales de la región náhuatl de Huauchinango, Puebla. Este repositorio permitirá la organización y acceso a información detallada sobre las plantas medicinales, su uso en la medicina tradicional, sus propiedades y beneficios, y su importancia en la cultura local.

Con este proyecto, se busca crear una herramienta valiosa para investigadores, estudiantes, comunidades indígenas y cualquier persona interesada en la medicina tradicional y la cultura náhuatl. Además, al utilizar la tecnología de Windows Azure, se garantiza un almacenamiento seguro y confiable de la información, lo que contribuye a su preservación y disponibilidad a largo plazo.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para llevar a cabo el diseño del sitio se utilizó la metodología de Design Thinking que es una metodología con un proceso iterativo que ayuda a encontrar soluciones innovadoras y brillantes a cualquier problema, que consta de 5 fases: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar (Geniallyblog, 2022).

Empatizar

En esta etapa se busca comprender las necesidades y problemas de la comunidad local en cuanto al acceso y la conservación de información sobre plantas medicinales. Para ello, se llevarían a cabo entrevistas y encuestas a la población local, así como a expertos en el tema, con el fin de obtener una comprensión profunda de sus necesidades, expectativas y limitaciones en cuanto a la gestión y acceso a información sobre plantas medicinales.

Todo esto permitirá obtener una visión completa de la situación y poder identificar las oportunidades y desafíos para el proyecto de creación del repositorio de plantas medicinales.

Definir

En esta etapa vamos a definir los objetivos del proyecto, identificar los requerimientos, establecer los límites y alcances del mismo.

1. Objetivos del proyecto: se establecerá el objetivo principal del proyecto, que en este caso es la creación de un repositorio en la nube para almacenar y

gestionar información sobre plantas medicinales de la región Náhuatl de Huauchinango.

2. **Requerimientos del cliente:** se identificarán los requerimientos del cliente, en este caso la institución que estará a cargo del repositorio, tales como el tipo de información que se almacenará, los usuarios que tendrán acceso a ella, los niveles de seguridad y privacidad requeridos, entre otros.
3. **Límites y alcances del proyecto:** se establecerán los límites del proyecto, es decir, qué aspectos estarán incluidos y cuáles no, así como los alcances, es decir, qué se espera lograr con el proyecto y cuál será su impacto. En este caso, se definirán los límites y alcances del repositorio, como la cantidad de información que se almacenará, la forma en que se accederá a ella, y cómo se beneficiará la región de Huauchinango con este repositorio.

En esta etapa también se establecerá el plan de trabajo y se definirán los roles y responsabilidades de los miembros del equipo encargados del proyecto.

Idear

En esta etapa vamos a idear la generación de soluciones creativas y viables para el problema identificado en la etapa de empatizar. En este caso mostraremos las actividades a realizar.

1. Realizar una investigación exhaustiva sobre los diferentes tipos de repositorios y bases de datos disponibles en el mercado, con el fin de determinar las mejores prácticas y tecnologías a utilizar.
2. Identificar los requerimientos específicos del repositorio, como el tipo de información a almacenar, el volumen de datos, la frecuencia de actualización, entre otros.
3. Definir los diferentes módulos o componentes que conformarán el repositorio, como la base de datos, las herramientas de seguridad y monitoreo, las interfaces de usuario y los servicios de acceso a datos.
4. Evaluar las diferentes opciones de tecnología a utilizar, considerando aspectos como la escalabilidad, seguridad, facilidad de uso, costos, entre otros.

Maquetar/Prototipar

En esta etapa, se desarrolló un modelo inicial del repositorio de plantas medicinales en Windows Azure. Para ello se siguieron los siguientes pasos:

- Se establecieron los requisitos funcionales y no funcionales del repositorio.
- Se creó un modelo conceptual de la estructura del repositorio, que incluye la definición de los datos, sus relaciones, y la forma en que se almacenan.
- Se diseñó la arquitectura de software del repositorio, que incluía la selección de las herramientas y tecnologías necesarias para implementar la estructura y funcionalidades del repositorio en Azure.

- Se creó un prototipo inicial del repositorio, que incluía una interfaz de usuario básica y la integración con las herramientas de Azure necesarias para su funcionamiento.

El proceso de prototipado se llevó a cabo en colaboración con expertos en plantas medicinales y medicina tradicional de la región de Huauchinango, para asegurar que el repositorio cumpliera con los requisitos de los usuarios finales y se adaptara a sus necesidades específicas.

Se realizaron pruebas de usuario para evaluar la funcionalidad y usabilidad del prototipo. Los resultados de estas pruebas se utilizaron para mejorar la interfaz de usuario, la funcionalidad del repositorio y para identificar posibles problemas en el diseño.



Figura 1.- Pagina de principal, encabezado de la página.

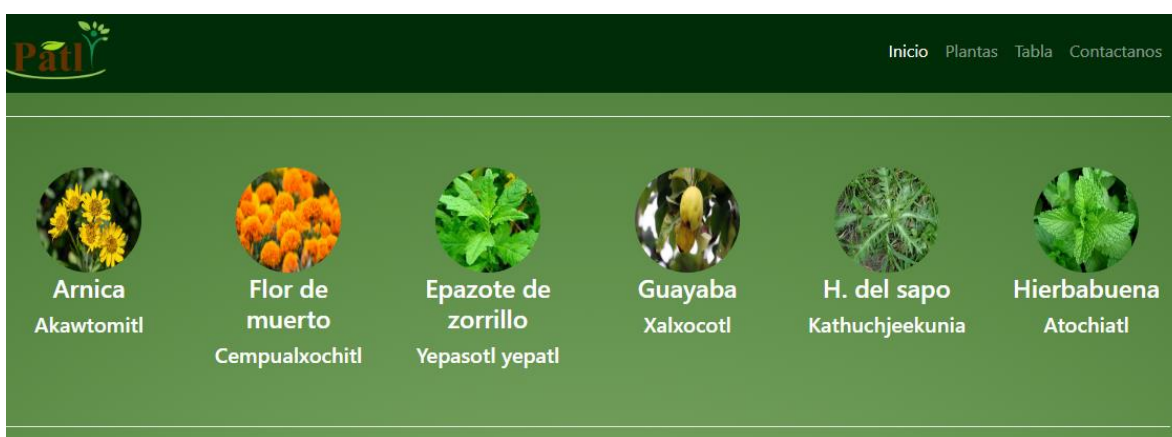


Figura 2.- Pagina de inicio cuerpo de la página.



Figura 3.- Detalle de la planta al seleccionarla.

Una vez que se completó la fase de prototipado y se realizaron las mejoras necesarias, se procedió a la fase de implementación del repositorio en Windows Azure. Los resultados del proceso de prototipado permitieron garantizar que el repositorio final cumplía con los requisitos de los usuarios y se ajustaba a sus necesidades.

Evaluar

Después de la implementación del repositorio de plantas medicinales en Windows Azure, se llevó a cabo un proceso de evaluación para medir su efectividad y eficiencia. A continuación, se describen algunos aspectos evaluados.

- **Funcionalidad:** se evaluó la capacidad del repositorio para satisfacer las necesidades de los usuarios finales, incluyendo la búsqueda y recuperación de datos, la creación y actualización de registros, y la integración con otras herramientas de Azure.
- **Usabilidad:** se evaluó la facilidad de uso del repositorio, incluyendo la interfaz de usuario, la navegación, la organización de los datos y la integración con otras herramientas.
- **Rendimiento:** se evaluó la capacidad del repositorio para manejar grandes volúmenes de datos, la velocidad de búsqueda y recuperación de datos, y la capacidad de respuesta del sistema.
- **Seguridad:** se evaluó la efectividad de las medidas de seguridad implementadas, incluyendo la autenticación y autorización, el cifrado de datos y el control de acceso.
- **Fiabilidad:** se evaluó la capacidad del repositorio para funcionar sin interrupciones, incluyendo la resistencia a fallos y la capacidad de recuperación de datos.

Se utilizaron diferentes métodos de evaluación, como encuestas a usuarios finales, pruebas de usabilidad, pruebas de rendimiento y auditorías de seguridad. Los resultados de la evaluación se utilizaron para identificar áreas de mejora y optimizar el funcionamiento del repositorio.

En general, el proceso de evaluación permitió asegurar que el repositorio de plantas medicinales en Windows Azure cumple con los requisitos de los usuarios finales, funciona eficazmente y se adapta a las necesidades específicas de la investigación científica, médica, educativa y conservación de especies.

Implementación:

Una vez que se completó la fase de prototipado y se realizaron las mejoras necesarias, se procedió a la fase de implementación del repositorio en Windows Azure. A continuación, se describen los pasos necesarios para implementar el repositorio:

- Selección de servicios de Azure: se seleccionaron los servicios de Azure necesarios para implementar el repositorio, como Azure Storage para almacenar datos no estructurados y Azure SQL Database para almacenar datos estructurados.
- Configuración de servicios de Azure: se configuraron los servicios de Azure según los requisitos del repositorio, incluyendo la definición de la estructura de datos, la configuración de la red, la asignación de recursos y la configuración de la seguridad.
- Integración de herramientas: se integraron herramientas y tecnologías adicionales según las necesidades específicas del repositorio, como Azure Functions para automatizar tareas y Azure DevOps para el control de versiones.
- Pruebas: se realizaron pruebas para asegurar que el repositorio funcionara correctamente y cumpliera con los requisitos establecidos.
- Implementación final: una vez que se completaron todas las pruebas y mejoras necesarias, se implementó el repositorio de plantas medicinales en Windows Azure y se puso en marcha para su uso por parte de los usuarios finales.

Es importante tener en cuenta que la implementación del repositorio no es un proceso estático, sino que requiere un mantenimiento constante para asegurar su correcto funcionamiento. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas continuas y realizar mejoras y actualizaciones según sea necesario para garantizar que el repositorio siga cumpliendo con las necesidades y requisitos de los usuarios finales.

Mantenimiento:

Una vez implementado el repositorio, es importante realizar un mantenimiento constante para asegurar su correcto funcionamiento y prevenir posibles problemas

en el futuro. A continuación, se describen algunas actividades que pueden formar parte de la fase de mantenimiento del repositorio:

- Actualizaciones: se deben realizar actualizaciones regulares para corregir errores y mejorar el rendimiento del repositorio. Las actualizaciones pueden incluir la incorporación de nuevas funcionalidades, corrección de errores de seguridad, actualización de las tecnologías subyacentes y mejoras en la interfaz de usuario.
- Monitorización: se debe realizar una monitorización regular del repositorio para detectar y solucionar problemas lo antes posible. Esto incluye la monitorización de la carga de trabajo, el rendimiento, los errores del sistema y la disponibilidad del servicio.
- Copias de seguridad: se deben realizar copias de seguridad regulares de los datos almacenados en el repositorio para evitar la pérdida de datos en caso de fallos del sistema o accidentes.
- Actualizaciones de seguridad: se deben realizar actualizaciones regulares de seguridad para garantizar que el repositorio cumple con los estándares de seguridad y protección de datos.

Es importante tener en cuenta que el mantenimiento del repositorio es un proceso continuo y que requiere una atención constante para garantizar su correcto funcionamiento.

Conclusiones.

El repositorio de plantas medicinales en Windows Azure es una solución innovadora y útil para la investigación científica, médica, educativa y conservación de especies. Durante el desarrollo e implementación del repositorio de plantas medicinales en Windows Azure se llevaron a cabo diferentes fases que permitieron identificar las necesidades de los usuarios, definir los requisitos del repositorio, seleccionar las herramientas y tecnologías adecuadas, generar soluciones creativas y garantizar el cumplimiento de los requisitos de los usuarios. El repositorio permite la recopilación y organización eficiente de datos sobre plantas medicinales, con un acceso seguro y rápido, lo que facilita su uso en investigación, educación y conservación de especies. Además, la fase de evaluación permitió identificar áreas de mejora y la fase de mantenimiento garantiza el correcto funcionamiento a largo plazo.

Referencias

- Duffy, M., & Ferringer, J. (2015). Microsoft Azure Essentials: Fundamentals of Azure (2nd ed.). Microsoft Press.
- García del Val, F. (2015). Proyecto de bases de datos con Microsoft SQL Server y Windows Azure. RA-MA.
- Gómez, R. (2014). Gestión de proyectos: Una visión global (2nd ed.). Pearson.
- Gothelf, J., & Seiden, J. (2013). Lean UX: Diseño de experiencias de usuario para productos innovadores. Ediciones Deusto.

Kerzner, H. (2017). Project management best practices: Achieving global excellence (4th ed.). Wiley.

Lock, D. (2013). Project management (10th ed.). Gower Publishing.

Pinto, J. K. (2015). Project management: Achieving competitive advantage (4th ed.). Pearson.

Schwalbe, K. (2015). An Introduction to Project Management (6th ed.). Cengage Learning.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SISTEMA DE EVALUACIÓN DOCENTE COMO APOYO A LA GESTIÓN ACADÉMICA DE LA UTEZ MORELOS

E. C. Velázquez-Santana¹, J. A. Velázquez-Santana¹, J. C. Narvaéz-Figueroa², B. Amado-Sánchez²,

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México – eugenio.vs@zacatepec.tecnm.mx,
jose.vs@zacatepec.tecnm.mx

²División Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata de Morelos, Av. Universidad Tecnológica 1, Palo Escrito, Emiliano Zapata, Morelos, México josenarvaez@utez.edu.mx, beatrizamado@utez.edu.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)

Resumen: Hoy en día, el uso de los Sistemas de Información ayuda a las Instituciones de Educación Superior (IES) en México, a controlar de una manera eficaz su Información. El objetivo primordial de este trabajo es desarrollar un software para la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos (UTEZ), que lleve un mayor control sobre el desempeño del personal docente que labora en UTEZ. Este sistema, controla aquella información que emiten los estudiantes con relación al desempeño en el aula, así como la autoevaluación que realiza el propio docente a través de una interfaz gráfica, que permite a directivos tomar decisiones sobre las necesidades de capacitación que requieren los docentes como área de mejora. En esta investigación se manejó la metodología de desarrollo DMS (Desarrollo y Mantenimiento de Software), la cual es utilizada en el Centro de Desarrollo de Software de la UTEZ para desarrollar el sistema.

Introducción.

Hoy en día los Sistemas de Información (SI), son una de las herramientas poderosas que contribuyen a que las IES se fortalezcan en sus procesos académicos, debido a su capacidad para gestionar información de cualquier tipo. Aunado a lo anterior, y como lo define Mayorga (2012), un SI es el proceso de examinar la situación de una organización con el propósito de mejorarla con métodos y procedimientos más adecuados, es por esto, que la UTEZ, se propuso desarrollar un sistema de información que fuera utilizado como herramienta tecnológica, durante el proceso de evaluación docente de todas las divisiones académicas de la universidad, con la finalidad de hacer más eficiente el proceso de evaluación, autoevaluación y toma de decisiones de la alta dirección de la UTEZ (Galarza, 2013).

La finalidad de este proyecto de investigación es mostrar y explicar las fases del desarrollo del Sistema de Evaluación Docente de la UTEZ (SISA-UTEZ), aplicando la metodología DMS desarrollada por el CDS-UTEZ. Lo anterior, para que el SISA-UTEZ permita a todos los administrativos, docentes y directivos de cada división, tomar acciones de mejora para sus docentes, a través de la retroalimentación de su propia evaluación, logrando con ello un mejor desempeño en su quehacer académico y por supuesto en mantener la calidad educativa que caracteriza a la UTEZ.

La presente investigación se desarrolló de la siguiente manera: En primera lugar se encuentra la introducción, en segundo lugar el fundamento teórico, y por último, se muestran los resultados y discusión obtenidos, así como las conclusiones.

Fundamento Teórico.

La UTEZ se ha consolidado como una Universidad a la vanguardia en el uso de las TIC's, se encuentra ubicada en el municipio de Emiliano Zapata, Morelos, y tiene más de XXII años de su creación; actualmente cuenta con trece carreras, entre las que destaca: Tecnologías de la Información área: Desarrollo de Software Multiplataforma.

El CDS-UTEZ, contó con el apoyo de la División Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación (DATIC), así como con el visto bueno de la Rectoría e inició en 2015 el desarrollo del SISA-UTEZ, con la finalidad de gestionar la información de los estudiantes, los docentes, así como la conformación de grupos, las materias, y las calificaciones, así también, el módulo de evaluación del desempeño de los docentes de todas las divisiones de la Universidad; con este último componente, se ha logrado agilizar la toma de decisiones relacionada al personal docente, así como enfocar las necesidades de capacitación de los mismos, con la finalidad de atacar sus áreas de oportunidad.

En la primera fase del proyecto, se realizó una revisión de las actividades del departamento de Desarrollo Académico, con relación al proceso de Evaluación Docente que se llevaba a cabo (hasta el pasado año 2019) a través de formularios digitales. Esta revisión permitió determinar, qué personas son las involucradas en dicho proceso de evaluación docente, así como determinar qué datos son necesarios recolectar de cada actor en este proceso.

Como lo menciona O'Brien (2001), un Sistema de Información (SI) es una mezcla organizada de personas, hardware, software, redes de comunicaciones y recursos de datos que reúne, transforma y disemina información en una organización. También, un SI, es un conjunto de procesos que opera sobre una colección de datos, y se estructura según las necesidades de la organización, este recopila, elabora y distribuye la información necesaria para las operaciones de dicha organización, así como para las actividades de toma de decisiones (Kenneth, 1996).

Además, en todo SI los archivos de datos son el componente principal e indispensable, ya que depende de ellos las salidas del sistema (Senn, 2002). Antes de especificar la importancia de la tecnología de información, se conocerá cómo se define la información bajo la teoría de SI. Para (Kenneth, 1996) la información es "una entidad tangible o intangible que permite reducir la incertidumbre acerca de un estado o suceso".

Hoy en día, tanto las Organizaciones y/o Instituciones, hacen uso de la tecnología para afrontar los cambios, dado que proveen la información útil para crear un plan rector, que les permita alcanzar sus objetivos, de tal forma, que agilicen la colaboración entre varias departamentos o áreas de organización.

Es justamente Senn (2002), quien menciona sobre el progreso de los sistemas de información, así como de los subsistemas que colaboran entre sí, para lograr los

objetivos planteados; los cuales deben corresponder con las entradas, el procesamiento de los mismos y en consecuencia la salida de información. En la figura 1, se ilustra la metodología del CDS UTEZ, la cual se basó para el desarrollo de este proyecto, la cual demanda la conclusión de cada fase.

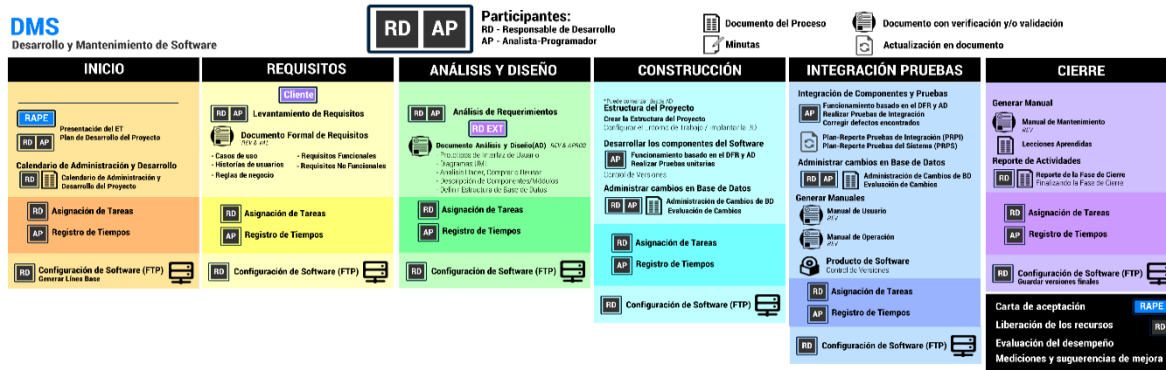


Figura 1. Modelo de Desarrollo y Mantenimiento de Software del CDS-UTEZ.

Desarrollo del Sistema de Evaluación Docente de la UTEZ

Inicio

El SISA-UTEZ inicia con la fase de negociación con el Cliente, en cuanto al tiempo de desarrollo y el costo, posteriormente, cuando se tiene la aprobación por la Alta Dirección, se procede a elaborar la Estructura Detallada de Trabajo (EDT), de la cual se desprende el Plan de Desarrollo del Proyecto (PDP). Esta fase, concluye con la documentación antes mencionada, más la consolidación del equipo de trabajo, el cual está compuesto por Analistas Programadores, Responsable de Desarrollo y Responsable de Administración Específica de Proyecto.

Requisitos

Una vez concluida la fase de Inicio, se continúa con el levantamiento de requerimientos a detalle, en la cual se elaboran Historias de Usuario, y Casos de Uso, los cuales ayudan al desarrollo de las interfaces gráficas de la aplicación.

De esta etapa, uno de los documentos más importantes es el Documento Formal de Requerimientos (DFR), en donde se plasman todas las necesidades del Cliente y establece el compromiso de los componentes a desarrollar por parte de los miembros del equipo de trabajo.

Análisis y Diseño del Sistema

Como lo menciona Kendall (2005), esta fase consiste, en indagar de raíz, cuál es el problema que la organización necesita resolver a través de un SI, para atender una necesidad; y se orienta en dividir un problema en partes y desplegar soluciones. Es por ello que se determinó que el SISA-UTEZ, estuviera compuesto por varios módulos que los docentes, los administrativos, los directivos y los estudiantes pudieran utilizar. Los estudiantes son los usuarios que proveen la información

necesaria en cuanto al desempeño del docente en el aula, los docentes también alimentan el propio sistema a través de su autoevaluación y el resto de los usuarios explota dicha información para tomar decisiones. Finalmente, cuando los directivos hacen uso de esa información, es para tomar las decisiones que mejor convengan a la Universidad.

Diseño del sistema

En esta fase, se describe la manera en que el sistema debe cumplir con los requerimientos, de acuerdo a cómo fueron determinados en el análisis.

Es por ello que una de las actividades de esta fase es la generación de diagramas, que permitan la visualización de la solución propuesta; así como esquemas o diseño de interfaces, que presenten la estructura o flujo del sistema, sin dejar de lado el diseño de la base de datos.

Cabe señalar que para el desarrollo del sistema se optó por seguir la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC), ya que separa los datos de la aplicación, la interfaz de usuario y la lógica del negocio como lo menciona Mayorga (2017).

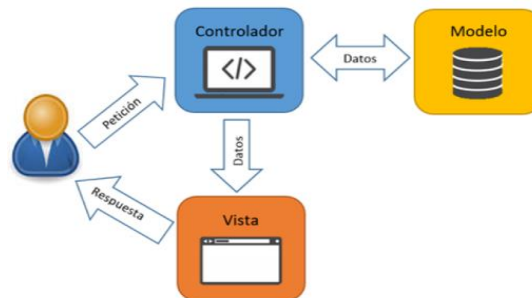


Figura 2. Modelo Vista Controlador [5].

Construcción del sistema

Con base en la metodología del CDS-UTEZ, en esta fase se construye el sistema, es decir, todas las interfaces de entrada y salida; esta fase se divide en tres partes: i) La elección del IDE de desarrollo y la de construcción de los componentes. Aunado a lo anterior, el lenguaje de programación utilizado es Java, bajo el marco de trabajo Strust 2, así como el IDE NetBeans.

Por otro lado, MySql se seleccionó como el gestor de bases de datos, dado que no requiere licencia de uso, así como por su facilidad para gestionar grandes volúmenes de información. Con apego a la metodología propuesta del CDS; se tiene la fase ii) Construcción, en ella se programan los componentes del sistema, los cuales se describen en las figuras siguientes. En la figura 3, se muestra la interfaz principal, que es el inicio del sistema, en donde el usuario ingresar al sistema, con sus datos previamente precargados por Servicios Escolares.

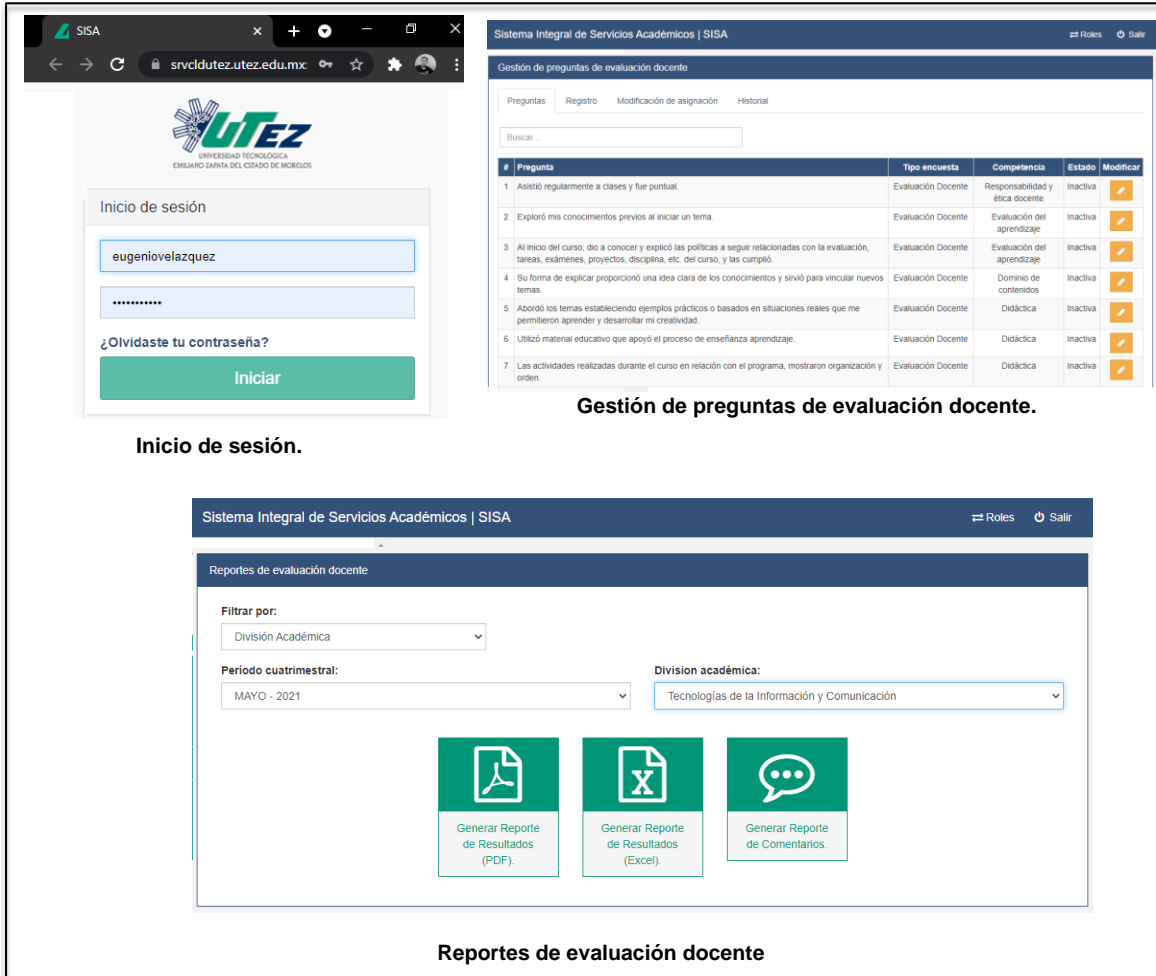


Figura 3. Interfaces principales del SISA-UTEZ.

Integración Pruebas

Como parte del proceso de DMS del CDS-UTEZ, cada uno de los desarrollos que se realizan, estos deben ser probados de manera unitaria, así como de forma integral, es decir; para el caso de este sistema, se probó el componente desarrollado junto con el resto de componentes del SISA-UTEZ. Logrando con ello minimizar los fallos en la carga o procesamiento de la información. Seguido de esto, se realizaron las pruebas de aceptación con el Cliente, una vez aceptadas, se procedió con la implementación del sistema.

Cierre

Esta es la última fase del proceso DMS, en donde se genera toda la documentación de cierre del proyecto como manuales de operación, mantenimiento, instalación, entre otros. El Cliente recibe de parte del equipo de desarrollo todos los entregables acordados. De esta fase, unos de los documentos más importantes es la Carta de Liberación, la cual indica que ha concluido el desarrollo a entera satisfacción del Cliente, dando con ello por terminado el desarrollo.

Resultados y Discusión.

De acuerdo con Magaña (2012) y Puello (2013), los Sistemas de Información desarrollados a la medida son de mucha ayuda para las IES siempre y cuando estén en sintonía con las diversas actividades operativas y estratégicas del área de Tecnologías de la Información en particular. Es por ello que la metodología CDS-UTEZ, involucra diferentes áreas del conocimiento técnico, así como el uso de herramientas y técnicas de modelado, para el desarrollo de proyectos en general.

La metodología CDS-UTEZ permitió alcanzar los siguientes logros:

- Rapidez y certeza en las actividades del proceso de evaluación docente, permitiendo la gestión de la información de cada docente evaluado.
- Mejoramiento del proceso de toma de decisiones de capacitación y atención de áreas de mejora en los docentes, de todas las divisiones académicas de la UTEZ.
- Apoyo para consolidar la aplicación de la norma ambiental en la UTEZ.
- Ahorro económico en gastos de papelería e insumos para la UTEZ.

Con relación a los resultados obtenidos, se determinó que, el SISA-UTEZ cumple con las necesidades de los usuarios, dado que el sistema automatiza los procesos operativos que se realizaban de forma manual. Como se puede apreciar en la Figura 4, el SISA-UTEZ es una herramienta tecnológica que sirve de apoyo para la toma de decisiones en cada área directiva, en donde el departamento de desarrollo académico pueda conocer cuáles son las áreas de oportunidad que debe atender cada docente, con la finalidad de superar los indicadores de calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMILIANO ZAPATA
 DEL ESTADO DE MORELOS
 LISTA DE RESULTADOS HISTÓRICOS DE EVALUACIÓN DOCENTE
 TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN
 JOSÉ CHRISTIAN NARVÁEZ FIGUEROA



#	CUATRIMESTRE	PROMEDIO
1	Enero - Abril 2021	9.48
2	Septiembre - Diciembre 2020	9.74
3	Mayo - Agosto 2020	9.85
4	Enero - Abril 2020	9.53
5	Septiembre - Diciembre 2019	9.56
6	Enero - Abril 2019	9.52
7	Septiembre - Diciembre 2018	9.21
8	Mayo - Agosto 2018	9.02
9	Enero - Abril 2018	9.81
10	Septiembre - Diciembre 2017	9.25

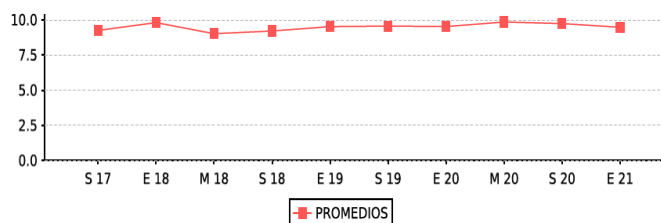


Figura 4. Histórico de evaluación docente.

Este trabajo de investigación, demostró cómo los Sistemas de Información son una herramienta importante como apoyo a la toma de decisiones, y como trabajo futuro, se plantea incorporar en las interfaces gráficas del SISA-UTEZ, un mecanismo de lógica difusa, el cual pueda ser utilizado para contestar la encuesta de desempeño del docente como se muestra a continuación.

- Pregunta de ejemplo

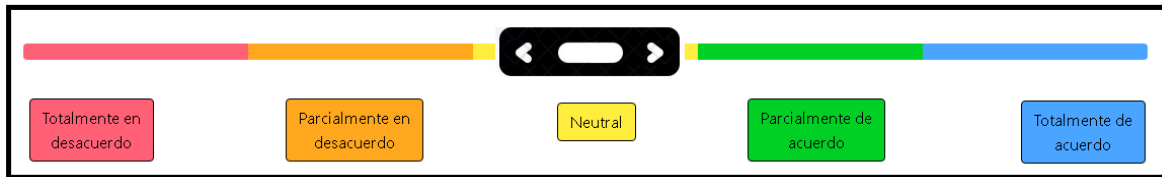


Figura 5. Propuesta de aplicación de lógica difusa para evaluación docente.

Con el uso de esta tecnología, el estudiante tendrá una interfaz gráfica más agradable para poder evaluar a sus docentes, y los directivos podrán recibir información clasificada de manera diferente.

Conclusiones.

De acuerdo con Magaña (2012) y Puello (2013), se espera que el desarrollo del SISA-UTEZ permita agilizar y mejorar aún más el proceso de evaluación docente de la UTEZ, ya que ayudará a los estudiantes, docentes y la alta dirección a tener una información de alto valor para tomar las mejores decisiones en cuanto a capacitación, así como a la mejora continua en la propia Universidad. Por otro lado, se sigue constatando que la metodología DMS, sigue siendo útil para el desarrollo de proyectos de software a la medida, dado que permite aplicar todo el ciclo de vida de un proyecto.

Agradecimientos.

El presente trabajo contó con la participación de estudiantes de la División Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación área Desarrollo de Software Multiplataforma. Así también se agradece la participación en todo momento de los docentes del Centro de Desarrollo de Software de la UTEZ.

Referencias

- Galarza, J. (2013). La Evaluación del desempeño docente universitario: experiencias institucionales y nacionales, Guayaquil Ecuador: Senefelder.
- Kendall, J. (2005). Análisis y Diseño de Sistemas, México: Prentice Hall.
- Kenneth, C. (1996). Administración de los sistemas de información, Prentice Hall.
- Magaña-Echeverría, A. (2012). An Educational Management Information System to Support Institutional Planning at the University of Colima. Procedia-Social and Behavioral Sciences, vol. 55, pp. 1168-1174.

- Mayorga, F. (2017, 04 de Agosto). Universidad Técnica de Ambato. <http://redi.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/37301>. Consultado el 15 de Noviembre de 2022.
- O'Brien, J. (2001). *Sistemas de Información Gerencial*, Colombia: McGraw-Hill/Interamericana.
- Puello, P. (2013). Sistema de información gerencial para la administración de recursos educativos. *Formación Universitaria*, vol. 6, nº 5, pp. 13-20.
- Senn, J. (2002). *Análisis y Diseño de Sistemas*, McGraw-Hill.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

UN ACERCAMIENTO AL PROCESO DE DESARROLLO DE SOFTWARE EN EL PRIMER SEMESTRE DE INGENIERÍA

P. N. Cortez-Herrera, M. Serrano-Fragoso, Y. E. González-Navarro y E. López-Alarcón

Instituto Politécnico Nacional - Unidad Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (IPN-UPIITA), Avenida Instituto Politécnico Nacional No. 2580, Col Barrio la Laguna Ticomán, Gustavo A. Madero, Ciudad de México – pcortez@jpn.mx, mserranof@jpn.mx, ygonzalez@jpn.mx, erlopeza@jpn.mx

Área de participación: *APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)*

Resumen: El proceso de desarrollo de software es llevado a cabo hoy en día a través de diversas metodologías ágiles, en donde en ocasiones al priorizar el código se pueden encontrar carencias en la documentación. Este trabajo está enfocado en mostrar un primer acercamiento a estudiantes de ingeniería en Telemática que cursan el primer semestre en mostrar las etapas de análisis y diseño del proceso de desarrollo de software, con la finalidad de familiarizarlo en la documentación y seguimiento de estándares para llevar a cabo proyectos. A través de un proyecto se desarrollan diversas actividades que permiten a los estudiantes involucrarse en esas etapas y presentar el diseño de un prototipo de software. Se hace uso de la guía PMBOK, el estándar IEEE 830, y la herramienta Figma.

Introducción.

Ante la inmersión tecnológica en la que se encuentra la sociedad, se podría asegurar que casi todas las organizaciones utilizan algún software para el desarrollo de sus actividades. La cantidad de datos e información que se genera a diario demanda procesamiento a través de diversas soluciones tecnológicas. Al respecto Osorio (2022) señala: “En la actualidad, la evolución tecnológica está volviendo múltiples soluciones cada vez más accesibles para pequeñas y medianas empresas”. Esto implica que el desarrollo de software se vuelva una tarea importante y trascendental, debido a que el software es indispensable para apoyar al manejo de la información en las empresas no importando su tamaño.

En las diversas áreas de ingeniería gran parte de los proyectos llevan este proceso el cual comprende las etapas de: análisis, diseño, desarrollo y ejecución. Marner *et al.* (2022) mencionan ejemplos de proyectos enfocados a la etapa del análisis en particular la obtención de requerimientos en el sector automotriz.

Por tanto, es importante que a nivel licenciatura se involucre al estudiante desde el inicio de su formación en el proceso de desarrollo de software, lo cual le será útil a lo largo de toda su trayectoria académica al aplicarlo en diversas asignaturas.

Este trabajo está enfocado en mostrar la implementación del proceso de desarrollo de software enfocándose en las etapas de análisis y diseño en estudiantes de primer semestre de ingeniería en Telemática. Se trabaja con estándares señalados por la Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (*Project Management Body of Knowledge – PMBOK*), así como el estándar de la IEEE 830 para la especificación de requisitos y el uso de la herramienta Figma. Esto permite tener un acercamiento completo a las primeras etapas del proceso de desarrollo de software.

Fundamento Teórico.

En la literatura es ampliamente reconocida la definición de software dada por Sommerville y Pressman. En este trabajo “El software es la combinación de programa(s), base(s) de datos y documentación en un sistema *suite*, y con el único fin de solucionar problemas específicos del sistema y atender objetivos predeterminados.” (Foster, 2014, p. 4).

Dado que el software ayuda a solucionar problemas y atender objetivos dentro de una organización es importante cumplir con las expectativas del cliente al momento de la implementación. No basta con saber programar, se debe saber qué se requiere programar para desarrollar un software que contribuya a alcanzar los objetivos de la empresa.

Al respecto Sommerville (2011, p. 22) menciona que “es relativamente sencillo escribir programas de cómputo sin usar métodos y técnicas de ingeniería de software. Muchas compañías se deslizan hacia la ingeniería de software conforme evolucionan sus productos y servicios”. El autor señala que no se utilizan métodos de ingeniería de software al diseñarlo, por lo tanto, con frecuencia es más costoso y menos confiable, señala que es necesario tener una capacitación en el área de ingeniería de software para solucionar esta problemática.

Al-Msie'deen (2021) define al proceso de software como las actividades relacionadas al desarrollo del software y hoy en día se usan dos procesos: incrementales y planificados.

Actualmente el tiempo es una de las limitantes en el desarrollo de los proyectos, esto genera que muchas empresas dedicadas al desarrollo de software trabajen bajo presión y haciendo uso de metodologías ágiles no cuiden las etapas del proceso de desarrollo de software. En Achimugu (2014) se consideran como retos asociados en el desarrollo de software los recursos limitados, presupuestos no adecuados, programadores no calificados, entre otros y resalta la priorización de los requerimientos como una actividad importante.

Al-Msie'deen (2021) menciona que el método ágil tiene como objetivo software de rápida entrega. Este enfoque de desarrollo se centra en el código.

Las etapas iniciales del proceso de desarrollo de software comprenden el análisis y diseño, y es donde más se hace uso de la documentación. En Villalobos-Abarca (2016) se hace un estudio para medir la competitividad entre empresas que desarrollan software con base en la implementación de los procesos de desarrollo de software, dando por resultado que las empresas más competitivas son aquellas que tiene una alta influencia en los procesos y subprocesos al momento de llevar el desarrollo del software. Por tanto, se debe de fortalecer desde los inicios de la educación universitaria la forma de llevar a cabo estos procesos para ir generando un hábito que se vaya perfeccionando con el tiempo y resulte ágil al momento de ponerlo en práctica.

En la etapa de análisis se obtienen los requerimientos de software, es decir aquello que debe o no hacer el software. Existen dos clasificaciones de los requerimientos:

- funcionales (*functional requirements*) son los servicios que el software debe entregar al usuario final, como la función de inicio de sesión (Al-Msie'deen, 2021).
- no funcionales (*quality requirements*) requisitos relacionados con qué tan bien se supone que el producto o servicio realiza la función prevista (Olsson, 2022).

Actualmente en etapa de obtención de requerimientos se deben considerar muchos factores, como los menciona Chazatte (2022, p. 457): “la recopilación y uso responsable de los datos, la privacidad, la seguridad y la protección son solo algunas de las muchas preocupaciones.”

En la etapa del diseño se hace un análisis de las posibles soluciones considerando factores como el presupuesto, identificar las herramientas de software idóneas para crear la solución y en ocasiones se presentan diseños de interfaces preliminares.

Metodología

A continuación, se describe la metodología implementada para este trabajo que comprende las etapas de análisis y diseño en el proceso de software. Este trabajo tomó como referencia la guía del PMBOK para el desarrollo de proyectos, las etapas fueron detalladas como se muestra en la figura 1.

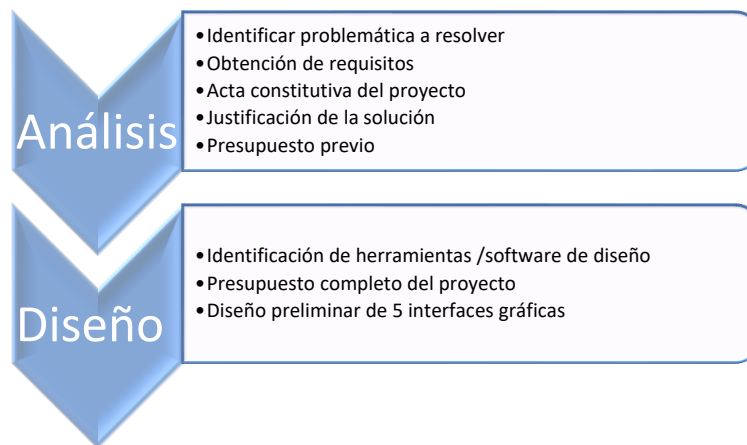


Figura 1.- Etapas y acciones a desarrollar por los estudiantes de primer semestre de ingeniería en Telemática

La unidad de aprendizaje que aborda los temas relacionados a la ingeniería de software es “Análisis y Diseño de Sistemas”, correspondiente al nivel I de ingeniería en Telemática en el primer semestre.

La dinámica de trabajo se divide en dos partes, las acciones del docente y los estudiantes.

Docente:

- Se explicó el objetivo y la importancia del proyecto al grupo

- Para llevar a cabo las etapas presentadas en la figura 1, se presentó el cronograma de actividades detallado. La duración total fue de 5 semanas
- Se dio acompañamiento en todas las actividades a los equipos

Estudiante:

- Se organizaron para trabajar en equipos, dando por resultado 7 equipos
- Por equipos identificaron un área con alguna problemática para proponer un prototipo de software
- Los equipos integrados por 5 estudiantes se dividieron en roles: un líder del proyecto, dos analistas y dos programadores.
- El líder del equipo era el encargado de entregar las actividades en tiempo y forma

Se aplicó SCRUM para llevar a cabo el seguimiento del proyecto, el cual consistía en tener reuniones periódicas (sprint) en sesiones cortas donde el líder del equipo presentaba los avances y se hacía la retroalimentación respectiva.

Se utilizó la herramienta Planner de Microsoft, debido a que la unidad académica cuenta con la licencia y a las múltiples funcionalidades que provee para gestionar actividades y a través de gráficos visualizar la entrega de estas.

Para la creación del prototipo se hizo un análisis de las herramientas más utilizadas dando por resultado que Figma es versátil y ampliamente utilizada en el mercado. Se hizo una búsqueda de cursos gratuitos para que los estudiantes aprendieran a utilizar dicha herramienta y se encontró que la plataforma Coursera (2023) oferta el curso “Crea diseños y prototipos de alta fidelidad en Figma” para nivel principiantes, fue requisito para el estudiante tomar el curso.

Para cerrar el proyecto se presentó el reporte final el cual incluía todas las actividades realizadas.

Resultados y Discusión.

El resultado del proyecto permitió a muchos estudiantes identificar y plantearse algunas interrogantes, por ejemplo: ¿Qué necesito para conocer herramientas de diseño de software?, ¿Qué hace un arquitecto de software?, ¿Qué son los *frameworks*?

El contar con retroalimentación en las diversas entregas permitió que los equipos identificarán errores y replantearán las ideas. Esto sirvió para que los estudiantes propusieran ideas.

Las siguientes imágenes muestran los resultados obtenidos por los estudiantes de primer semestre en las diversas actividades llevadas a cabo en la realización del proyecto:

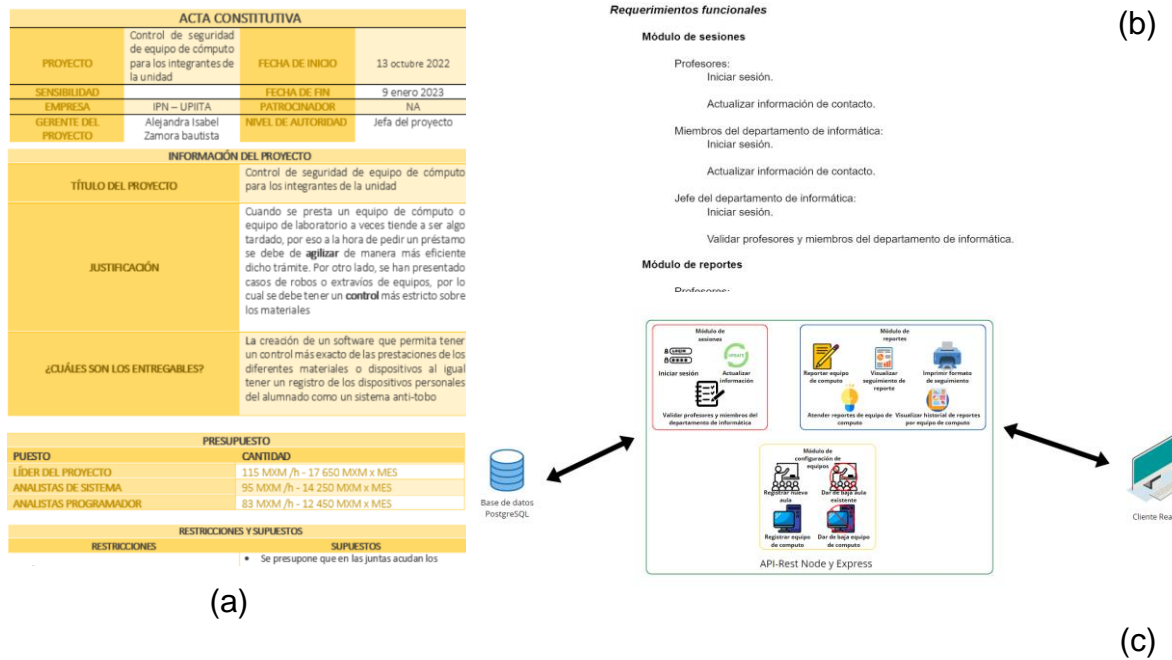


Figura 2.- (a) Acta constitutiva de un equipo, (b) listado de requerimientos identificados y (c) imagen de la solución propuesta considerando las herramientas

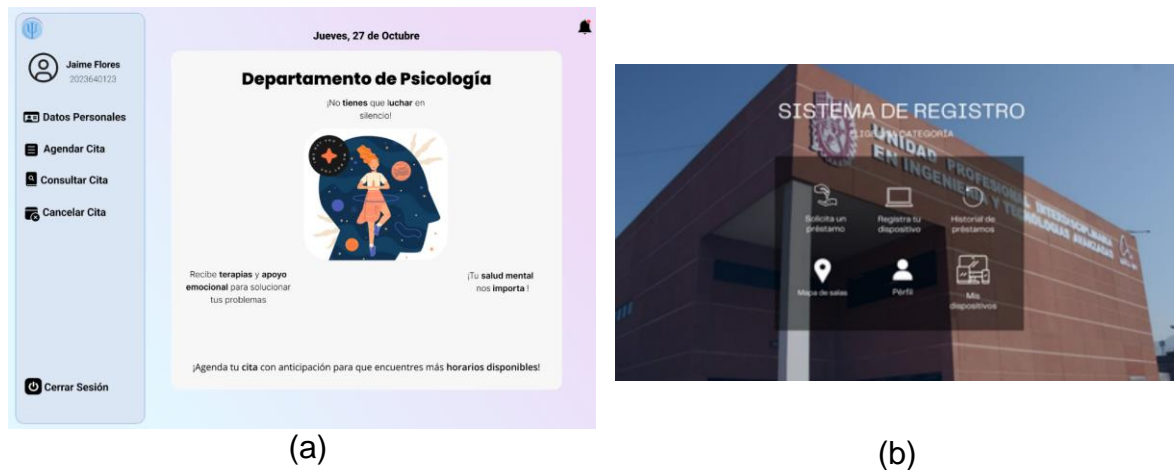


Figura 3.- Imagen de dos prototipos correspondientes a casos distintos. (a) Modela el sistema de gestión de citas para el área de psicología en la unidad académica, (b) pantalla de inicio para el registro de equipos de cómputo ingresado por los estudiantes al plantel.

A diferencia de cursos anteriores en esta ocasión para el proyecto final del curso (el cual es independiente al mostrado en este trabajo), se observó que los estudiantes tuvieron más claridad para realizarlo al aplicar etapas de análisis y diseño de forma autodidacta y sencilla.

Conclusiones.

En ocasiones los estudiantes al iniciar su formación a nivel ingeniería no tienen claro el qué tendrán que realizar al momento de egresar. Si bien reciben información sobre el objetivo de la carrera que estudian, desconocen otros aspectos. Este

proyecto se implementó con la finalidad de involucrarlos en las etapas de análisis y diseño del proceso de desarrollo de software. A través de actividades específicas se logró llevar a cabo un proyecto siguiendo estándares y atendiendo recomendaciones de buenas prácticas. Se le mostró al estudiante la forma en la cual esto sería útil empezar a aplicar en sus diversos proyectos, con la finalidad de alcanzar las metas. Los resultados obtenidos fueron favorables y los estudiantes se mostraron entusiastas con las actividades realizadas.

Agradecimientos.

Las autoras y el autor de este trabajo agradecen al Instituto Politécnico Nacional por las facilidades otorgadas.

Referencias

- Achimugu, P., Selamat, A., Ibrahim, R. & Naz'ri Mahrin M. (2014). A systematic literature review of software requirements prioritization research. *Information and Software Technology*, 56(6), 568-585.
- Al-Msie'deen, R., Blase, A. & Alsuwaiket, M. (2021). Constructing a software requirements specification and design for electronic IT news magazine system. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 8(11), 104-118. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.01501>
- Chazatte, L., Brunotte, W., Speuth, T. (2022). Explainable software systems: from requirements analysis to system evaluation. *Requirement Engineering journal*, 27, 457-487. <https://doi.org/10.1007/s00766-022-00393-5>
- Coursera (2023, marzo). *Crea diseños y prototipos de alta fidelidad en Figma*. <https://www.coursera.org/projects/crea-diseos-y-prototipos-de-alta-fidelidad-en-figma>
- Foster, E. (2014). *Software Engineering: A Methodical Approach*. Apress.
- Marner, K., Wagner, S., Ruhe, G. (2022). Stakeholder identification for a structured release planning approach in the automotive domain. *Requirement Engineering journal*, 27, 211-230. <https://doi.org/10.1007/s00766-021-00369-x>
- Olsson, T., Sentilles, S. & Papatheocharous, E. (2022). A Systematic Literature Review of Empirical Research on Quality Requirements. *Requirement Engineering journal*, 27, 249-271. <https://doi.org/10.1007/s00766-022-00373-9>
- Osores, M. (2022, 16 diciembre). En la era del dato, una estrategia adecuada y el talento correcto se vuelven necesidad. <https://www-computerweekly-com.cdn.ampproject.org/c/s/www.computerweekly.com/es/cronica/En-la-era-del-dato-una-estrategia-adecuada-y-el-talento-correcto-se-vuelven-necesidad?amp=1>
- Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software*. Pearson Education.
- Villalobos-Abarca, M., Karmelic-Pavlov, V., & Néspolo-Cova, M. (2016). Enseñanza de los Procesos en Ingeniería Software-vs-Competitividad de Empresas Creadas por Ingenieros Informáticos. *Formación universitaria*, 9(1), 03-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000100002>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ARQUITECTURA DE APLICACIÓN DE UN ASISTENTE VIRTUAL PARA DISPOSITIVOS INTELIGENTES CON PANTALLA COMO APOYO EN EL PROCESO DE COMPRENSION LECTORA

R. Ojeda-Barbis, I. López-Martínez, L. A. Reyes-Hernández y C. Romero-Torres

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, No. 852, 94320 Orizaba, Veracruz, México - m21011178@orizaba.tecnm.mx, ignacio.lm@orizaba.tecnm.mx, luis.rh@orizaba.tecnm.mx, celia.rt@orizaba.tecnm.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVILES (ISC)

Resumen: La comprensión lectora es un proceso dentro de la enseñanza educativa que comienza su formación desde las primeras etapas del desarrollo humano, es indispensable su reforzamiento y estimulación durante cada una de los niveles educativos. Debido a los últimos resultados obtenidos del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) realizado durante el año 2018 en México en estudiantes de educación media, se advirtieron niveles de desempeño por debajo de la media en el área de comprensión lectora, comparado con los otros países que también realizaron de la prueba, por lo cual, México fue posicionado entre los últimos lugares de los países que fueron parte de la prueba de evaluación diagnóstica, ubicándolo dentro de los primeros dos niveles de desempeño de competencia lectora establecidos por la OCDE. En este artículo se plantea el desarrollo de una arquitectura para el desarrollo de una aplicación de asistencia virtual con integración de inteligencia artificial en altavoces inteligentes con pantalla para estimar mediante un test de evaluación diagnóstica, los niveles de comprensión lectora de estudiantes de educación básica y media, haciendo uso de materiales de evaluación lectora y mecanismos de inteligencia artificial, proponiendo una relación en el uso de dispositivos de asistencia virtual con pantalla en la educación y la estimulación del proceso de comprensión lectora utilizando herramientas digitales.

Introducción.

La lectura es fundamental dentro de la educación, siendo uno de los pilares principales de la sociedad del conocimiento y sin ella no se hubiera desarrollado la sociedad (Cáceres, Pérez y Zúñiga, 2018). La lectura es el puente entre el aprendizaje y generación del conocimiento, base fundamental de la sociedad del conocimiento y tiene un papel importante en el desarrollo, aseguramiento y futuro del conocimiento (Galindo-Lozano y Doria-Correa, 2019). La lectura en cualquiera de sus medios, impresa o electrónica, permite al usuario tener un idea, conocimiento u opinión del tema planteado, el cual facilitará el desarrollo efectivo del campo a estudiar.

La comprensión es el producto de la relación continua entre el texto y el sujeto que realiza la acción de leer, quien otorga sus conocimientos previos en razonamiento para elaborar una interpretación propia y coherente del contenido leído. La comprensión lectora es un desafío importante del sistema educativo de cualquier institución o país, debido a esto, algunas agencias nacionales e internacionales se han dado a la tarea de realizar estudios en donde sus resultados arrojaron que existe una escasa innovación referente esta habilidad.

La comprensión se considera como el conjunto de las etapas que participan en los procesos relacionados a la elaboración, formación, notificación e integración de las

estructuras del conocimiento. El nivel de comprensión de un texto varía dependiendo del grado en que la información que contiene el texto es adaptada e integrada en las estructuras del conocimiento.

Los estudiantes que cursan cualquier grado educativo se encuentran en dificultades al momento de interactuar con una variedad de textos informativos y la obtención del conocimiento o idea principal que contienen, debido a la falta de estrategias o herramientas requeridas para realizar un proceso de comprensión lectora efectiva. Derivado de esto surgen los diferentes instrumentos de evaluación para medir la comprensión lectora como el Progressive Linguistic Complexity (CLP por sus siglas en inglés) (Lastre-M et al., 2018), que es aplicada para el diagnóstico de la habilidad lectora y otorga una guía de las posibles opciones para remediarlo. Esta prueba evalúa principalmente la dimensión textual de la comprensión lectora en sus niveles más bajos, sin contar la dimensión crítica y pragmática.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

En la literatura, se han propuesto una gran variedad de aplicaciones que cuentan con asistencia virtual para mejorar o realizar diferentes procesos. A continuación, se presenta un análisis del estado del arte de múltiples trabajos relevantes con relación a la asistencia virtual.

Pham et al. (2018) desarrolló un agente inteligente móvil que brindó asistencia a estudiantes para el aprendizaje del idioma inglés en donde se demostró su capacidad de dar seguimiento a las lecciones y realizar sugerencias para mejorar y ampliar su vocabulario. El trabajo de Ballati et al. (2018) investigó la precisión con respecto a la detección de voz de asistentes virtuales con personas que presentan trastornos del habla, logró identificar congruencias de las respuestas y sus limitaciones de uso.

Terzopoulos et al. (2019) estudió las capacidades de los asistentes virtuales con inteligencia artificial en aulas de clase, concluyendo que es necesaria una capacitación docente, así como la implementación de medidas de seguridad para una correcta operación. Pérez et al. (2020) investigó la fiabilidad de las respuestas obtenidas por los asistentes virtuales, como material de apoyo al docente en una escuela secundaria, demostrando la aceptación de los usuarios, pero con respuestas limitadas por parte de asistente virtual.

En Condor-Herrera et al. (2020) se describieron los asistentes virtuales utilizados como herramientas educativas y su contribución al aprendizaje. Se presentó un análisis de sus características y su integración con la planificación curricular dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje. Anastasiadou et al. (2020) desarrolló un prototipo de asistente virtual educativo para incrementar el involucramiento de las personas con diabetes mediante educación continua, obteniendo resultados de aceptación y propuestas de mejora de aplicación.

Con Mekni et al. (2020) se desarrolló un asistente virtual que brindó soporte a miembros de una institución educativa y logró comprobar que el modelo propuesto

permitió una gestión de la información efectiva y monitoreo por parte de los profesores. Villegas-Ch et al. (2021) propuso la integración de un agente virtual para gestionar información académica a estudiantes y personal escolar, en donde se demostró la coherencia y efectividad de la información solicitada.

Debido a la pandemia del COVID-19 fue necesario encontrar nuevas alternativas digitales para el estímulo del proceso de aprendizaje, Casos-Gerónimo et al. (2022) desarrolló e implementó un asistente virtual el cual mejoró el aprendizaje de alumnos de educación primaria en materia de anatomía.

En la Tabla 1, se agrupan por tópico principal, cada uno de los trabajos relacionados con asistencia virtual y su implementación dentro del ámbito escolar.

Tabla 1. Análisis de trabajos relacionados

Tópico	No. de referencia de los artículos relacionados	Solución
Manejo de información	9,10,11	Desarrollo de un asistente virtual para el acceso a la información
Usabilidad	12	Análisis del uso de asistencia virtual en la educación
Desempeño	6,7,8	Estudio de las capacidades de los asistentes virtuales
Reconocimiento de voz	5	Estudio de precisión en la detección de voz en dispositivos de asistencia virtual

Del análisis de los trabajos relacionados, se logró identificar que la mayoría de los productos desarrollados, revisados durante esta investigación, fueron aceptados de manera positiva entre los participantes, sin importar las limitaciones y retos que sus usos presentan, de igual manera la efectividad que presentan dentro del área de la educación.

La propuesta de solución que se presenta, es el desarrollo de una aplicación implementando la arquitectura planteada en la Figura 1, haciendo uso de un asistente virtual conversacional (AVC) que cuente con algoritmos de inteligencia artificial en dispositivos multimedia con pantalla, el cual proporcione una interfaz con ejercicios de lectura y realice una estimación de la comprensión lectora como resultado del uso de instrumentos de evaluación y que forme parte de un proceso alternativo para la identificación y mejora de la habilidad lectora y comprensión de textos.

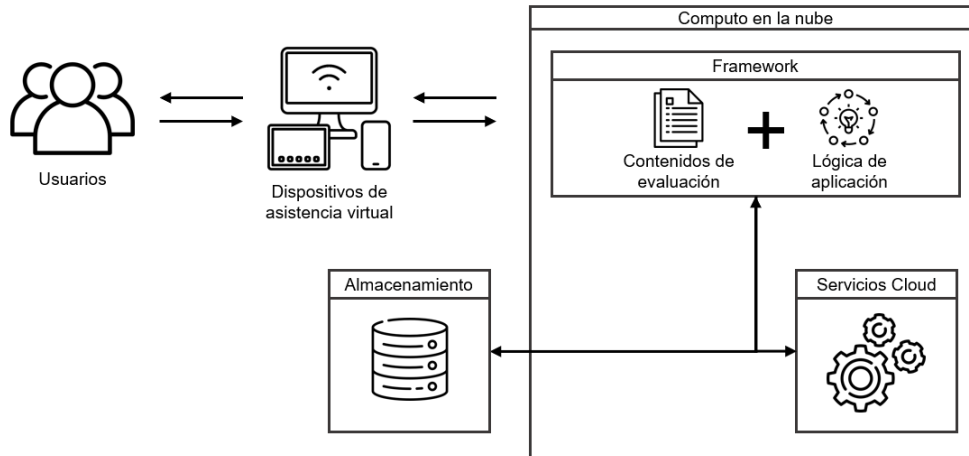


Figura 1. Arquitectura de aplicación para evaluación de comprensión lectora.

La arquitectura de la aplicación a desarrollar está compuesta por los elementos descritos a continuación:

Dispositivo de asistencia virtual: Elemento que abarca los dispositivos inteligentes con pantalla que integran un asistente virtual conversacional compatible, como lo es Amazon Alexa o Google Assistant.

Computo en la nube: Conjunto de tecnologías de la información que permiten el desarrollo, almacenamiento, distribución y análisis de aplicaciones a través de la Web.

Framework: Es el patrón o marco de trabajo que facilita el proceso de desarrollo de software de manera estandarizada el cual brinda un conjunto de herramientas bibliotecas para agilizar la generación de código fuente.

Contenidos de evaluación: Conjunto de materiales de evaluación diagnóstica propuestos por organizaciones expertas y que están enfocados a obtener datos relacionados al proceso de comprensión lectora.

Lógica de aplicación: Elemento que integra los componentes de la aplicación, encargado de realizar la captura, estimación y manejo de datos que se obtienen de los usuarios y la base de datos.

Almacenamiento: Elemento encargado de almacenar la información de usuarios y resultados obtenidos de las pruebas de evaluación en un sistema de base de datos.

Servicios Cloud: Conjunto de aplicaciones modulares y autónomas, dentro de una plataforma en la nube que son ofrecidos para escalar de forma casi ilimitada un aplicación o servicio

El proceso de la aplicación utilizando la arquitectura descrita da inicio cuando el usuario realiza la primera interacción con un dispositivo de asistencia virtual utilizando la voz para invocar o accionar la aplicación, el asistente virtual hace una búsqueda dentro del servicio de cómputo en la nube donde se encuentra almacenada la aplicación y ejecuta los componentes que integran la parte lógica o funcional, la cual, utiliza un marco de trabajo que brinda herramientas para enlazar

los servicios adicionales en la nube y la comunicación con la base de datos. Al localizar la aplicación, se muestra en el dispositivo de asistencia virtual el conjunto de interfaces responsivas, con lo que se busca lograr una interacción eficaz con el usuario. El usuario mediante comandos de voz se autentifica y da comienzo a la evaluación de comprensión lectora, la aplicación interacciona con el usuario mostrando los contenidos de evaluación seleccionados y aplicando herramientas y estrategias utilizados en pruebas de evaluación diagnóstica.

El usuario contesta y responde a las indicaciones del dispositivo, el cual interpreta mediante el uso de algoritmos de lenguaje natural integrados al asistente virtual y los transfiere a los componentes de aplicación encargados de realizar el almacenamiento de la información en la base de datos. Terminada la prueba de evaluación, la aplicación muestra en pantalla un conjunto de recomendaciones para mejorar la habilidad lectora para después mostrar los resultados obtenidos de los elementos evaluados, así como una estimación de su comprensión lectora que se realiza mediante el cálculo de las respuestas obtenidas y sus ponderaciones; las recomendaciones se obtienen del análisis de las estrategias de comprensión lectora para la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje (Toala, Yépez y Vergara, 2018) En la Figura 2, se presenta el diagrama base correspondiente a la estructura interna de la aplicación, la cual consiste en tres componentes principales, el componente de registro y búsqueda de los datos del usuario, el componente de evaluación encargado de realizar la prueba diagnóstica y por último el componente de recomendaciones hacia el usuario para el aumento de la habilidad lectora.

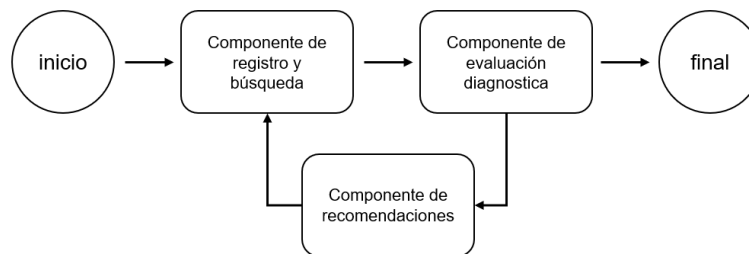


Figura 2. Diagrama base de la lógica de la aplicación

Resultados y Discusión.

De la implementación de la arquitectura de la aplicación se está trabajando en un prototipo de aplicación skill (Figura 3), utilizando el dispositivo de asistencia virtual Echo Show 8 (1ra y 2da generación) que integra el asistente virtual *Amazon Alexa*, así como el computo en la nube de Amazon para almacenar y diseñar la aplicación. El marco de trabajo con el cual se está llevando a cabo la aplicación skill es *Jovo Framework*, el cual permite la generación de agentes inteligentes conversacionales multiplataforma mediante el uso de componentes modulares y bibliotecas personalizadas.

Este marco de trabajo permite la integración de la base de datos *NoSQL* de *MongoDb*, donde se almacenan en forma de documentos los datos del usuario agrupados por colecciones de datos. Se hace uso de los servicios de Amazon o

AWS Services para el almacenamiento de archivos multimedia, la distribución y manejo de los contenidos visuales, la autenticación de los usuarios para hacer uso de la aplicación y el servicio de eventos para ejecutar la aplicación sin la necesidad de administrar los recursos del servidor.

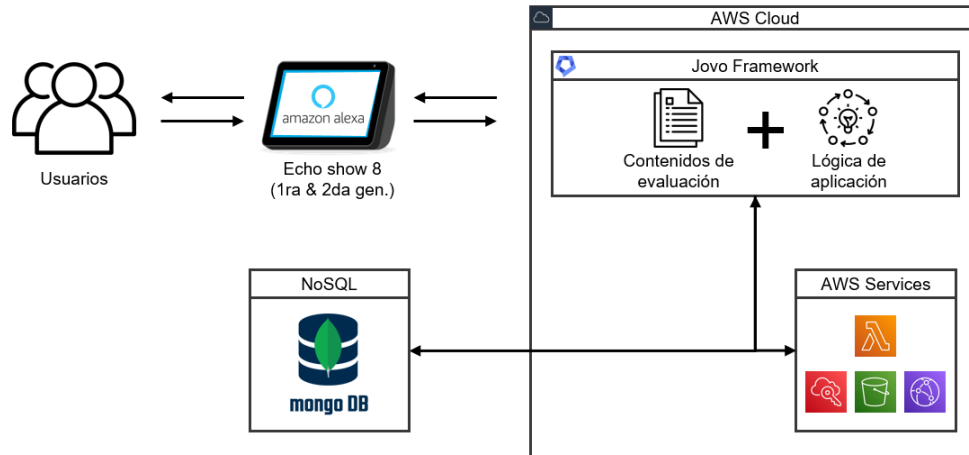


Figura 3. Prototipo de aplicación con implementación de arquitectura propuesta.

Se está trabajando en el conjunto de interfaces con las cuales el usuario podrá ver de forma visual, los elementos, indicaciones y resultados que son llevados dentro de la aplicación, para esto se utiliza el lenguaje de presentación conocido como *Amazon Presentation Language* para crear el conjunto de experiencias visuales con las cuales el usuario va a interactuar.



Figura 4. Prototipos de interfaz de aplicación

Dentro de las problemáticas que se han encontrado al momento de realizar esta aplicación son las limitadas fuentes de datos para la elaboración de aplicaciones skill con el framework seleccionado a pesar de las ventajas de desarrollar agentes multiplataforma, otro obstáculo han sido los tipos de datos que Amazon Alexa permite capturar o reconocer, puestos que estos se encuentran predefinidos por el servicio y algunos aún no se encuentran disponibles en su totalidad debido a la región en la que se está desarrollando la aplicación. Estas dificultades surgen debido a que las plataformas seleccionadas se encuentran en un desarrollo

continuo, ocasionando que las funcionalidades y su documentación para el desarrollo sean insuficientes. Finalmente, la mayor dificultad que se ha encontrado es el requerimiento en el uso del servicio de internet, puesto que la aplicación no logra funcionar de manera correcta en lugares donde el servicio es limitado, presenta fallas técnicas o intermitencia.

Conclusiones.

Mediante la implementación de esta arquitectura se busca realizar una aplicación que permita medir los niveles de comprensión lectora de los usuarios, para determinar cuáles son las mejores estrategias o técnicas digitales que permitan una mejora en proceso de comprensión lectora. El análisis de los trabajos relacionados aportó información acerca del uso de dispositivos inteligentes con integración de asistencia virtual e inteligencia artificial y su apoyo en el proceso de captura, percepción y difusión de la información tanto en la educación como en la difusión del conocimiento. El uso de este tipo de herramientas digitales en la educación mantiene una percepción positiva y una buena aceptación como parte del apoyo al docente y uso complementario en el proceso de aprendizaje como una herramienta que no solo es exclusiva del hogar si no de espacios educativos.

A través de la aplicación de esta arquitectura se planea solventar una de las problemáticas que se tiene en la educación, que es la comprensión lectora, beneficiando no solo a estudiantes si no al conocimiento que se genera a través del proceso de la lectura.

Agradecimientos.

El presente trabajo de investigación fue auspiciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) y la secretaría de Educación Pública (SEP) de México a través del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC). Los autores de igual manera agradecen al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por coadyubar este proyecto.

Referencias

- Cáceres Mesa, M. L., Pérez Maya, C. J., & Zúñiga Rodríguez, M. (2018). Reflexiones teórico-metodológicas que sustentan el papel de la lectura y su comprensión en la renovación de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el currículo universitario. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 110-119, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000400110&lng=es&tlng=en
- Galindo-Lozano, D. P., & Doria-Correa, R. (2019). Lectura, escritura y oralidad en la escuela desde la perspectiva sociocultural. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 10(1), 163-176. <https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n1.2019.10020>
- Lastre-M., Karina Sofía, Chimá-López, Fradit De Jesús, & Padilla-Pérez, Anuar Rafael. (2018). Efectos de la lectura en voz alta en la comprensión lectora de estudiantes de primaria. *Encuentros*, 16(1), 11-22. <https://doi.org/10.15665/v16i01.945>
- Pham, X. L., Pham T., Nguyen, E. M., Nguyen, T. H., Cao, T. T. H. (2018). Chatbot as an Intelligent Personal Assistant for Mobile Language Learning. *Proceedings of the 2018 2nd International Conference on Education and E-Learning (ICEEL 2018)*. 16–21. <https://doi.org/10.1145/3291078.3291115>
- Ballati, F., Corno, F., De Russis, L. (2018). Assessing Virtual Assistant Capabilities with Italian Dysarthric Speech. *Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on*

- Computers and Accessibility (ASSETS '18), 93-101. <https://doi.org/10.1145/3234695.3236354>
- Terzopoulos, G, Satratzemi, M. (2019). Voice Assistants and Artificial Intelligence in Education. Proceedings of the 9th Balkan Conference on Informatics (BCI'19),34, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3351556.3351588>
- Pérez, M. del S. (2020). Análisis del uso de asistentes virtuales en el aula como recurso complementario en la práctica docente. Enseñanza Y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores, 10,61-66. <https://doi.org/10.30827/digibug.64782>
- Cóndor-Herrera, O., Jadán-Guerrero, J., Ramos-Galarza, C. (2020). Virtual Assistants and Its Implementation in the Teaching-Learning Process. Human Systems Engineering and Design III, 203–208. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58282-1_33
- Anastasiadou, M., Alexiadis, A., Polychronidou, E., Votis, K., Tzovaras, D. (2020). A prototype educational virtual assistant for diabetes management. 20th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2020, 999-1004 <https://doi.org/10.1109/BIBE50027.2020.00169>
- Mekni, M., Baani, Z., Sulieman, D. (2020). A Smart Virtual Assistant for Students. Proceedings of the 3rd International Conference on Applications of Intelligent Systems (APPIS 2020). 15, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3378184.3378199>
- Villegas-Ch, W, García-Ortiz, J., Mullo-Ca, K., Sánchez-Viteri, S., Roman-Cañizares, M. (2021). Implementation of a Virtual Assistant for the Academic Management of a University with the Use of Artificial Intelligence. Future Internet 13, 4,97. <https://doi.org/10.3390/fi13040097>
- Casos-Gerónimo, E. R., Romero-Rodríguez, F. R., Cieza-Mostacero, S. E. (2022). Asistente Virtual para Mejorar el Aprendizaje en Anatomía en los Grados 5to y 6to de Primaria en una Institución Educativa de Trujillo. Memorias de la Vigésima Primera Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CISCI 2022, 146-151. <https://doi.org/10.54808/CISCI2022.01.146>
- Toala Castro, U. T., Yépez Cedeño, S. P., & Vergara Ruiz, E. N. (2018). La comprensión lectora y sus estrategias para el desarrollo de destrezas en los estudiantes: un estudio de caso. LUZ, 17(4), 120-128. Recuperado a partir de <https://luz.uho.edu.cu/index.php/luz/article/view/943>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

ANÁLISIS DE DATOS PARA PERFECCIONAR LA ACTUALIZACIÓN DE LISTAS DE MATERIALES DE TURBINAS EÓLICAS EN OPERACIÓN

A. Castillo-González¹ y A. González-Lorence²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N Juan Morales, 62745 Cuautla, Morelos- m21680091@cuautla.tecnm.mx,

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan del Río, Av Tecnológico 2, Quintas de Guadalupe, 76800 San Juan del Río, Qro - posgrado@sjuanrio.tecnm.mx

Área de participación: CIENCIA DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES (ISC)

Resumen: En la actualidad las técnicas de análisis de datos sirven para transformar a las empresas en entidades productivas y revolucionarias que adapten sus procesos a las tecnologías que evolucionan día con día. En el presente trabajo de investigación se muestra cómo se integra el análisis de datos con la metodología de mejora de software, lo que permitió definir estrategias de negocio y de mejora de la calidad para el beneficio de la empresa General Electric que tenía problemas con un software de actualización de bases de datos. El resultado de esta integración es un procesamiento integral de datos que hace que el proceso de visualización y actualización de datos relevantes para las necesidades de las diferentes áreas de la empresa sea más eficiente y mejore la toma de decisiones; así como la incorporación de métricas que permiten el constante monitoreo del software para disminuir los errores aumentando la eficiencia y productividad.

Introducción.

En los últimos años el mundo de los negocios ha sufrido grandes cambios debido al desarrollo acelerado de las comunicaciones, éstos obligan a las empresas a mejorar su desempeño si desean incrementar su participación en el mercado. El desarrollo de esta investigación brinda solución a las dificultades relacionadas con la actualización de bases de datos de la empresa General Electric, con el fin de reducir el tiempo de obtención y actualización de datos provenientes de campo, reducir la cantidad de errores obtenidos al procesar automáticamente las actualizaciones, reducir el tiempo de elaboración de listas de materiales y mejorar el nivel de satisfacción del cliente.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El análisis de datos es una herramienta sumamente poderosa con gran potencial para ayudar a las grandes empresas a conocer y enfocarse en la información más relevante de sus bases de datos o almacenes de datos. En la actualidad, se ha estimado que el crecimiento de los datos almacenados en las bases de datos se duplica cada 20 meses, sin embargo, las técnicas de análisis de información no se han desarrollado de manera equivalente, en otras palabras, la velocidad en que se almacena la información es extremadamente superior a la velocidad en que se analiza la misma (Bojičić, et al 2016). Los sistemas de bases de datos son muy eficientes para manejar el guardado de datos, pero cuando se requiere realizar

múltiples consultas que involucren muchos datos o quizás funciones agregadas a los registros presentan ciertas dificultades.

Metodología

Este trabajo de investigación, a través la investigación explicativa con línea de investigación de análisis de bases de datos, busca encontrar y desarrollar el porqué de los errores obtenidos en el software As-Running mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto del proceso automatizado de obtención de datos del mantenimiento de las turbinas eólicas de la empresa General Electric.

El propósito es reducir el tiempo de obtención y actualización de datos provenientes de campo, reducir la cantidad de errores obtenidos al procesar automáticamente las actualizaciones en la base de datos de turbinas eólicas, reducir el tiempo de elaboración de listas de materiales y mejorar el nivel de satisfacción del cliente.

Se desarrolló cada una de las fases de la metodología Six Sigma, en específico el enfoque DMAIC, escrito en su acrónimo en inglés (definir, medir, mejorar, analizar y controlar).

Resultados y Discusión.

Definir

En la fase Definir se identificaron todos los posibles problemas a ser considerados en el análisis de los datos para evitar la incorrecta utilización de recursos. Una vez delimitado el alcance, se asignaron las responsabilidades a llevar a cabo y el objetivo a alcanzar.

Se generó un mapa del proceso de alto nivel para obtener una descripción general de los pasos, eventos y operaciones que componen el proceso, esto ayudó a comprender el proceso y verificar el alcance.

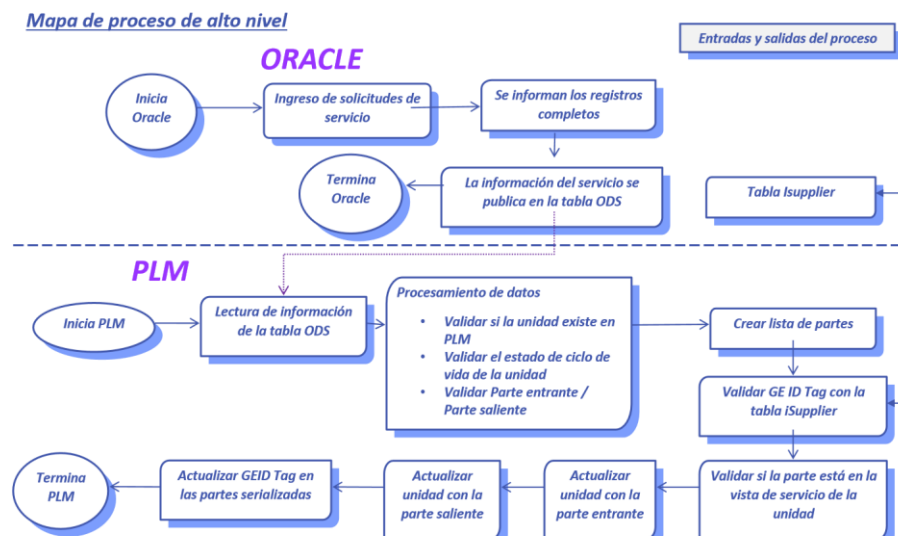


Figura 1. Mapa del proceso

Medir

En esta fase se realizó una medición minuciosa de los datos para identificar las variables individuales y la relación entre ellas, se definieron los límites de especificación, los defectos, así como la capacidad del desempeño actual del software por medio de métricas.

Se realizó una medición del número de errores obtenidos por parte del software mensualmente, la gráfica se generó con los datos del mes de junio del año 2022, donde se puede observar que se procesaron 42,982 líneas, de las cuales 31,000 fallaron, lo que deja una tasa de éxito de solo 27%.

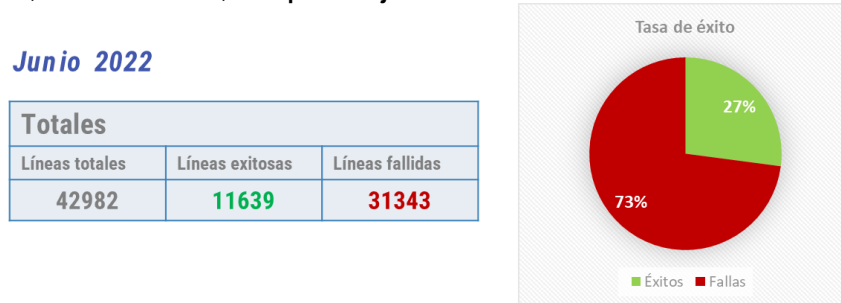


Figura 2. Tasa de éxito As-Running junio 2022

Con la finalidad de tener un método de obtención y medición periódica de los datos, se desarrolló una macro en Microsoft Access para automatizar el cálculo de First Time Yield y la obtención de métricas.

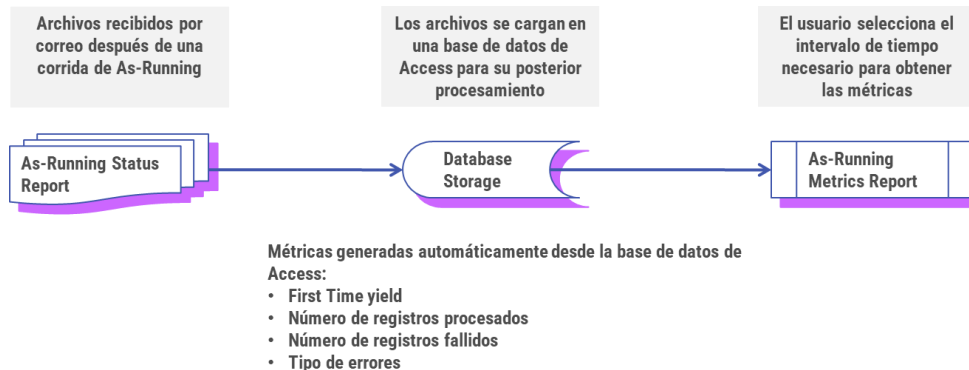


Figura 3. Macro para obtención de métricas

Analizar

En esta fase se analizaron los datos compilados previamente, se identificaron los atributos del software que no cumplían con las especificaciones esperadas por la empresa, se identificaron las potenciales causas de fallo y la relación causa-efecto utilizando herramientas estadísticas que ayudaron a interpretar los comportamientos de los errores. Finalmente se identificaron las causas raíz de que afectan el funcionamiento del software.

Se utilizó el software Minitab para realizar los análisis estadísticos pertinentes y asegurar que los datos seguían una distribución normal, lo que permitió

calcular las probabilidades de aparición de datos de esa distribución, y así inferir datos de la población a partir de los obtenidos de la muestra. Se determino que los datos efectivamente seguían una distribución normal (valor $P > 0.05$).

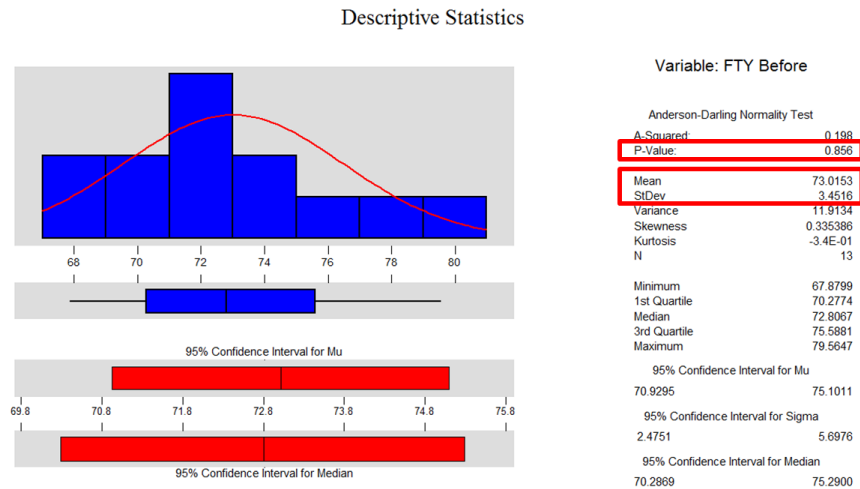


Figura 4. Distribución normal As-Running

Igualmente se realizó una prueba para obtener la capacidad potencial del proceso que define el mejor escenario del proceso actual sin ningún cambio o mejora, donde Z es una capacidad estadística del proceso. Con esta medición se concluyó que la capacidad de proceso a largo plazo era de $Z = -2.02$, lo que indicaba que habría sólo 21,505 semanas dentro de los límites de especificación en más de 19,000 años.

Report 1: Executive Summary

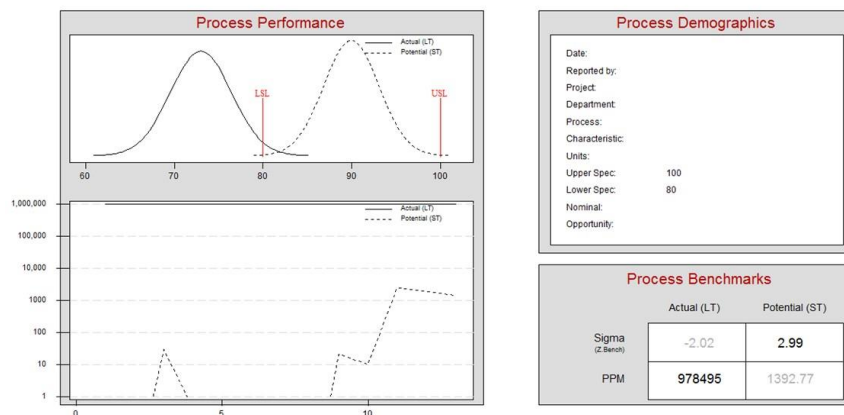


Figura 5. Capacidad potencial del proceso

Se categorizaron los errores obtenidos de los reportes recibidos mensualmente con las actualizaciones realizadas automáticamente por el software As-Running y se identificaron 8 distintos errores a ser analizados, se concluyó que la variabilidad se originaba principalmente por errores en los datos, el proceso y el código del software.

Tabla 1. Categorización de errores por grupos de afinidad

Grupo de afinidad	Numero de error	Descripción del error
ERRORES DE DATOS	1	La versión liberada u obsoleta de la parte no existe en PLM.
	2	La turbina no existe en PLM.
	3	La parte está relacionada con más de una función.
	4	No se identificó una función específica.
	5	El ciclo de vida de la lista de materiales no es superior a instalado.
ERRORES DE PROCESO	6	La parte está relacionada con más de una función.
ERRORES DE SOFTWARE	7	La pieza de repuesto tiene relación con más de una instancia de la parte.
	8	No se pudo identificar una función válida para la parte.

Mejorar

En esta fase se desarrollaron, presentaron e implementaron propuestas de mejora que contribuyeron a disminuir o eliminar por completo las causas raíz que generaban los defectos en el software.

Utilizando la herramienta Pareto se definió la prioridad de implementación de las mejoras con el fin de la elaboración final del plan de mejora a realizar.

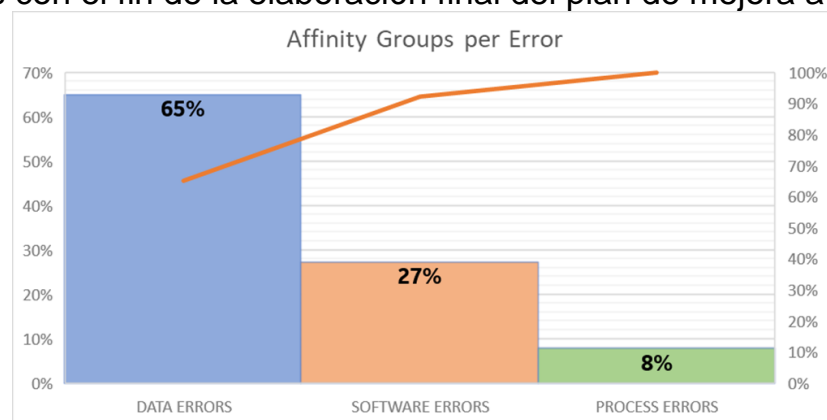


Figura 6. Pareto por grupos de afinidad

Se concluyó que el área de oportunidad más grande eran los problemas de datos con un 65% de ocurrencia, seguidos por los problemas de software con un 27%, por lo que se decidió enfocarse en esas dos categorías únicamente y dejar fuera los errores de proceso que no representaban gran problema.

Inicialmente se implementaron tres mejoras en el software As-Running, la primera se enfocó en errores causados por nombres de partes incorrectos o inexistentes, la segunda fue para garantizar que todos los números de reporte de estado del proceso se registraran correctamente en cada parte actualizada y la tercera fue para tratar con las funciones desconocidas o no encontradas en PLM. El rápido aprendizaje del comportamiento de las mejoras permitió incorporar nuevas ideas para seguir mejorando el proceso y satisfacer las necesidades de la empresa, por lo que se implementaron algunas otras mejoras:

Tabla 2. Historias de usuario

Historia de usuario	Descripción
US23279	Ignorar la lógica de distinción entre mayúsculas y minúsculas, el sistema debe realizar una búsqueda basada en el nombre de la parte, que se convierte automáticamente a letras mayúsculas.
US24625	Usar la función genérica 99999999 para agregar partes que existen en PLM, pero no en otras bases de datos internas.
US24622	Mejorar la actualización de la base de datos para operar tantos registros como sea posible usando la función 99999999.
US24623	Pruebas de regresión para asegurarse de que no se produzca impacto en la lógica general de procesamiento en ejecución.

Con las mejoras implementadas, se utilizó nuevamente el software Minitab para realizar los análisis estadísticos aplicados antes de las mejoras y asegurar que existiera una mejora estadística en el proceso. Se determinó que los datos todavía seguían una distribución normal, ya que el valor de P era aún mayor a 0.05.

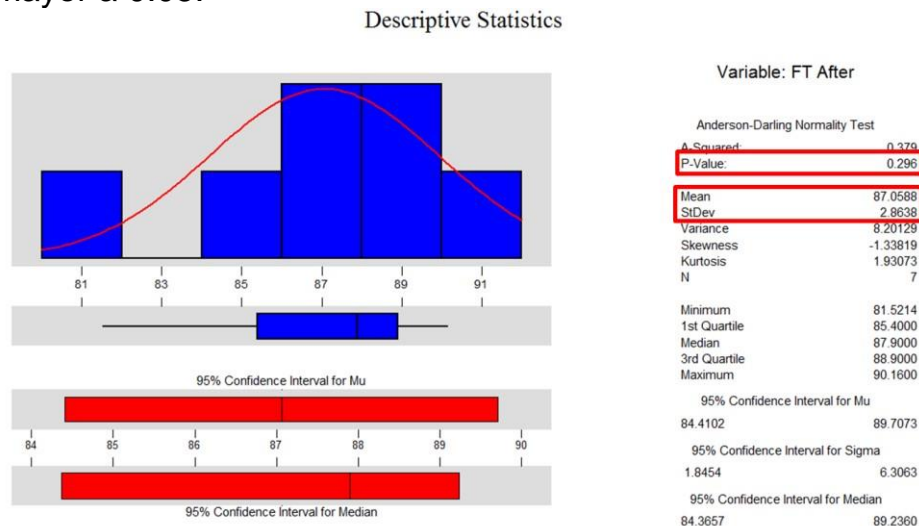


Figura 7. Distribución normal As-Running después de mejoras

Se realizó nuevamente la prueba para obtener la capacidad potencial del proceso y se observó que antes de la mejora, los defectos por millón (PPM) eran 978,495 y ahora es solo 6,857.

Report 1: Executive Summary

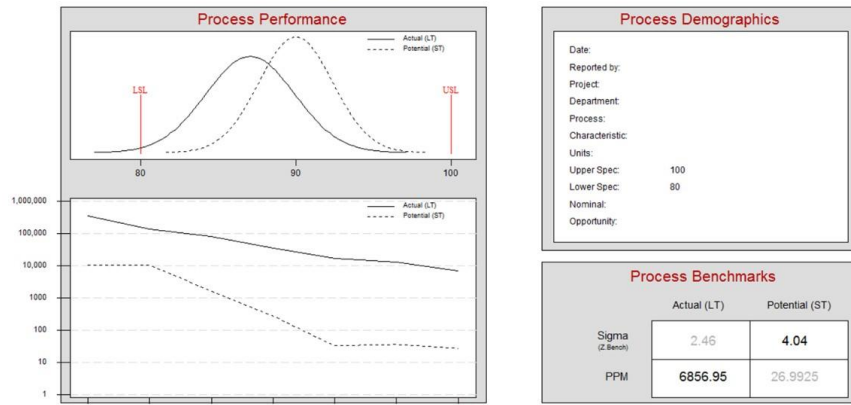


Figura 8. Capacidad potencial del proceso después de mejoras

Finalmente se realizó un análisis de varianza ANOVA, que permitió comprobar que hay una diferencia estadísticamente significativa en las medias antes y después de la mejora.

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for FTY

Source	DF	SS	MS	F	P
Labels	1	897.3	897.3	84.05	0.000
Error	18	192.2	10.7		
Total	19	1089.5			

Level	N	Mean	StDev
1	13	73.015	3.452
2	7	87.059	2.864

Pooled StDev = 3.267

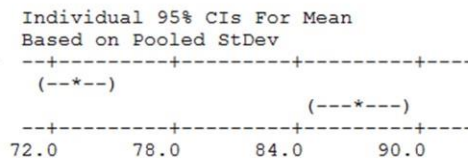


Figura 9. Análisis ANOVA después de mejoras

Se realizó una medición del número de errores obtenidos por parte del software mensualmente, la gráfica se generó con los datos del mes de enero del año 2023, donde se puede observar que se procesaron 41,645 líneas, de las cuales sólo 5,335 fallaron, lo que deja una tasa de éxito de 87%, superando el objetivo definido al inicio del proyecto de investigación.

Enero 2023

Totales		
Líneas totales	Líneas exitosas	Líneas fallidas
41645	36310	5335

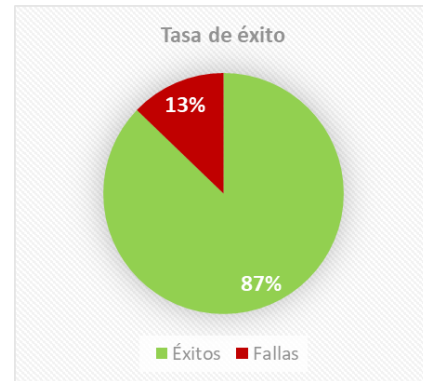


Figura 10. Tasa de éxito As-Running enero 2023

Controlar

En esta fase se diseñaron y ejecutaron distintos mecanismos de control luego de implementar las mejoras, con la finalidad de mantener el resultado logrado. Se implementaron tres estrategias de control:

- Capacitación de usuarios en campo para ingreso de información al sistema.
- Documentación de mejoras en sitio web oficial de los equipos involucrados.
- Revisión mensual del código para evitar daños o problemas futuros.

Estas acciones están completas y en ejecución para el correcto seguimiento de las mejoras alcanzadas con el proyecto de investigación.

Conclusiones.

Esta investigación permitió mantener a las partes interesadas comprometidas con todas las mejoras implementadas y lograr la satisfacción de la empresa al evitar reprocesos manuales que se reflejaban en costo de mano de obra. Se aprendió del proceso y se adaptaron los cambios para mejorar el FTY del software As-Running y evitar reprocesamientos con un costo de 6.6M dólares anuales, capacitando a todos los equipos involucrados para atender un potencial aumento de la demanda.

Agradecimientos.

A la Dra. Armida González, por su apoyo, conocimiento y cooperación brindada durante el tiempo de desarrollo de la investigación.

Referencias

- I. Bojičić, Z. Marjanović, N. Turajlić, M. Petrović, M. Vučković and V. Jovanović, "A comparative analysis of data warehouse data models," 2016 6th International Conference on Computers

- Communications and Control (ICCCC), Oradea, Romania, 2016, pp. 151-159, doi: 10.1109/ICCCC.2016.7496754.
- J. Manyika, «Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. McKinsey Digital,» [En línea]. Available: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/ourinsights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>. [Último acceso: 2022].
- Kang, Chongqing & Wang, Yi & Xue, Yusheng & Mu, Gang & Liao, Ruijin. (2018). Big Data Analytics in China's Electric Power Industry. IEEE Power and Energy Magazine. 16. 10.1109/MPE.2018.2790819.
- R. Snee., «Lean Six Sigma – getting better all the time,» International Journal of Lean Six Sigma, vol. 1, nº 2040-4166, pp. 2-29, 2010.
- Wessel, Godecke & Burcher, P. (2004). Six Sigma for small and medium-sized enterprises. The TQM Magazine. 16. 10.1108/09544780410541918.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL EN APLICACIÓN MÓVIL PARA LA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS EN TIEMPO REAL

A. Salvador Morales García¹, L. Ángeles Hernández¹, A. González Lorence² y J. G. Ayala Landeros²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N Juan Morales, 62745 Cuautla, Morelos, México-m20680013@cuautla.tecnm.mx
leonor.angeles@cuautla.tecnm.mx

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan del Río, Av. Tecnológico 2, Quintas de Guadalupe, 76800 San Juan del Río, Querétaro, México-armida.gi@sjuanrio.tecnm.mx,
gabriel.al@sjuanrio.tecnm.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)

Resumen: Para este proyecto de desarrollo tecnológico se propone un sistema que puede utilizar la visión artificial para enfocarse en las necesidades de una empresa con la finalidad de diferenciar sus productos y crear un inventario automático; que puede comunicarse con una base de datos basada en la nube para una actualización constante en tiempo real; y que, además, el sistema es capaz de realizar el conteo automático de los productos que se encuentran dentro de un almacén designado. La tecnología a utilizar para el desarrollo del proyecto es Python para el procesamiento de imágenes con la ayuda de la librería OpenCV, el IDE de Thony como intérprete y el MIT App Inventor. Este trabajo se realizó primero investigando los tipos de inventarios en el mercado similar a la propuesta a desarrollar. Para todos los programas y desarrollo se utilizó la plataforma Linux Lite porque tiene la ventaja de que es un sistema que no requiere mucha capacidad, tanto de video como de memoria RAM, y esto permite un procesamiento óptimo de las imágenes.

Palabras clave: Visión artificial, procesamiento de imágenes, aplicación móvil, inventario automatizado.

Introducción.

El objetivo principal del presente trabajo es acortar los tiempos requeridos para completar el inventario de la microempresa All Soluciones en Ingeniera. Esto se debe a la naturaleza prolongada e ineficiente del proceso, que requiere el conteo de productos uno por uno y la entrada directa de datos en la computadora. Este trabajo demuestra el comportamiento de la diferencia proporcional entre los tiempos de elaboración de un inventario con una o dos personas, así como la proporcionalidad entre los diferentes tiempos. Si bien inicialmente se enfocó en los requisitos de todas las soluciones de proyectos en un esfuerzo por mantener las cosas simples porque el usuario puede calcular el producto simplemente haciendo el conteo manual, la importancia de este tema radica en la creación de un sistema para el cálculo de la cantidad de producto. Debido a que los productos enumerados en el almacén interno están dentro de un archivo de Excel y suman alrededor de 3000, todos tienen muchos problemas para ser rastreados porque están divididos en 80 categorías diferentes, donde pueden cambiar las cantidades a lo largo de la jornada laboral según las demandas de los clientes. Es fundamental recalcar que se define la teoría a aplicar para el análisis de imágenes en visión artificial, así como los diferentes tipos de inventario y cómo impactan en el negocio. Dado que el tiempo es una variable crucial en este trabajo, también se analizan los distintos tipos de inventarios según el tiempo y la función mediante visión artificial.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La visión artificial, también conocida como visión por computadora o visión técnica, es un campo de estudio que incluye técnicas para recopilar, procesar, analizar y comprender imágenes del mundo real para producir datos técnicos, números o símbolos que pueden ser procesados por un ordenador. Entre estas técnicas se encuentran: Reconocimiento de objetos y restauración de imágenes. Se requiere un sistema de visión por computadora, una combinación de hardware y software que puede capturar y procesar datos de imágenes, para la visión artificial. El uso de diversas técnicas de procesamiento de imágenes permite que los sistemas de visión artificial ofrezcan actualmente una alta precisión. Los sistemas de visión artificial generalmente consisten en una colección de sensores digitales, como cámaras, que pueden capturar imágenes y datos. Con la ayuda del software, se pueden procesar, analizar y medir varios datos, que los ingenieros utilizan para vigilar los procesos y tomar decisiones. La recopilación de datos, las relaciones escena-imagen, la segmentación, el análisis de bordes, la descripción según lo que se necesita analizar y las aplicaciones son solo algunas de las cosas que se pueden establecer para los sistemas de visión artificial. (Pajares Martinsanz, 2002)

Hay varios trabajos con base en inventarios mediante visión artificial, es conveniente nombrar algunos similares al presente trabajo:

1. Construcción de un prototipo de sistema robótico para el despacho de productos farmacéuticos de bajo peso mediante visión artificial y comunicación inalámbrica. Se propone la construcción de un prototipo de sistema robótico para el despacho de productos farmacéuticos utilizando visión artificial y comunicación inalámbrica con el fin de modernizar el proceso. Se partió de una revisión bibliográfica para investigar los sistemas existentes para el despacho inteligente de productos en locales comerciales, conceptualizando temas como visión artificial, comunicación inalámbrica, automatización de procesos y robótica. (Calle Allaico, 2022)
2. Se está utilizando la visión artificial para crear un sistema de estantería inteligente. Este proyecto aborda un problema real de ubicación de inventario de la empresa AIRBUS con el objetivo de reducir los tiempos de fabricación en la industria aeroespacial. Por lo tanto, mediante visión artificial se elabora un programa que pueda reconocer los componentes que se guardan en las cajas dispuestas en los anaqueles, digitalizar la información y tomar las medidas oportunas. (Muñoz Velasco, 2020)
3. Creación de un sistema automatizado de reconocimiento de frutas basado en visión artificial para supermercados. El objetivo es desarrollar un sistema a nivel prototipo que permita la identificación de los frutos que fueron seleccionados para ser procesados por un algoritmo de clasificación. Esto permitirá a los cajeros de los supermercados automatizar el proceso de ingresar el código de identificación de una fruta, reducir los errores cometidos al ingresar el código y al recopilar el precio de la fruta y, en última instancia,

disminuir la posibilidad de que se formen filas de clientes en momentos específicos. (Bailón Lucas, 2019)

Para este proyecto se requiere la integración y compatibilidad de subsistemas a través de un enfoque integrado y unificado para el diseño y desarrollo del producto, es necesario combinar varias disciplinas del conocimiento como electrónica, informática, administración y telecomunicaciones, para ello razón por la cual el diseño a detalle se realiza en paralelo y de forma independiente entre las diversas disciplinas involucradas. Debido a esto, el Departamento de Informática de Diseño Integrado sugiere el Modelo W como un nuevo método para crear sistemas activos. (Anderl., 2013)

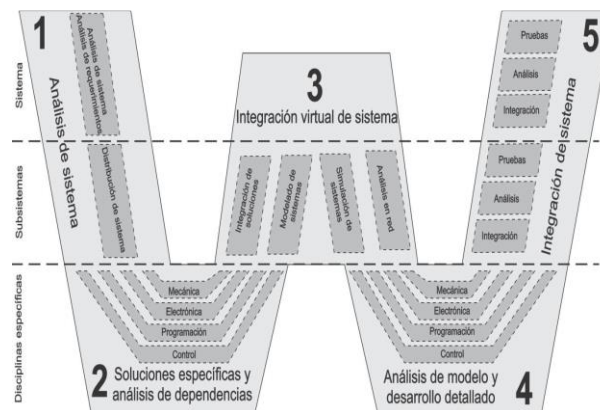


Figura 4. Metodología W.

El primer subsistema (el sistema de lectura y envío de datos) se puede enfocar al iniciar el proceso de obtención de datos del sistema de inventario y el uso de visión artificial; posteriormente, dependiendo de los requerimientos de la microempresa ALL Soluciones en Ingeniería; la opción de contar con un sistema capaz de comunicarse con una base de datos en la nube hace ideal su administración y operación sería lo ideal.

1. Evaluación del sistema.
2. Análisis de tecnologías utilizadas por los sistemas de inventario actuales mientras se investigan los diversos tipos de inventarios disponibles en el mercado.
3. Planificación de pruebas.
4. Analizar dependencias y soluciones específicas.
5. Usar OpenCV y Python para diseñar un control para el sistema de inventario y definir la tecnología a utilizar.
6. Al intentar implementar el sistema dentro del almacén, se requiere un análisis del modelo y un desarrollo exhaustivo.
7. Virtualización de sistemas, control de software en tiempo real basado en la nube de entradas, salidas, existencias de bienes y repuestos.

Resultados y Discusión.

Para llevar a cabo la metodología se utilizaron herramientas de software libre, evitando que el proyecto requiera una licencia y posibilitando el uso de todas las

herramientas disponibles. Comenzando con el IDE de Python como intérprete, comenzamos tomando fotografías de varios objetos usando una cámara web, una de las cuales podría ser una bombilla, como se ve en la figura 2.

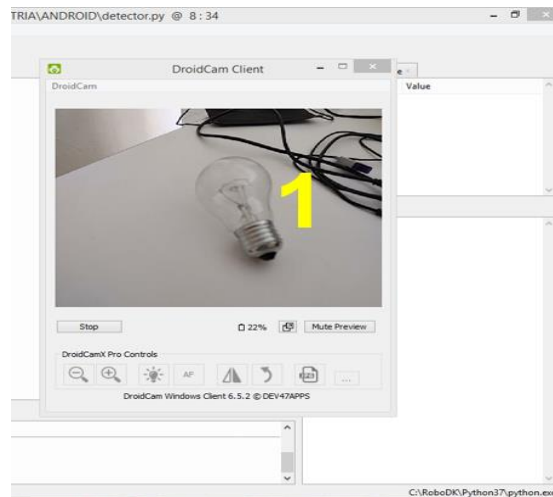


Figura 5. Obtención de objetos.

Una vez que se ha completado la colección de imágenes (50 imágenes) y los objetos circundantes, la imagen del objeto se procesa utilizando la biblioteca Python OpenCV para eliminar la mayoría de los objetos que se encuentran dentro del parámetro de enfoque de la cámara. Esto da como resultado una imagen con la mejor calidad posible según la cámara externa de la PC, pero con la ventaja de que el programa que se ejecuta obtiene imágenes de bajas dimensiones en resolución, como se aprecia en la figura 3.

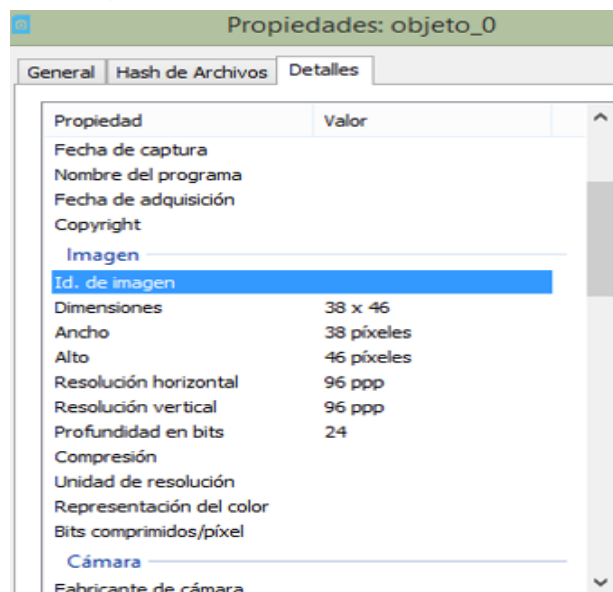


Figura 6. Resolución.

El sistema operativo Linux Lite se ejecuta para usar la menor cantidad posible de memoria en la PC, incluidos video y RAM. Se obtienen 50 imágenes para cada objeto de prueba. El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) desarrolló una

herramienta llamada "Clasificador de imágenes personales" que es una herramienta complementaria para la propia herramienta de desarrollo de aplicaciones del MIT y se usa cuando se ejecuta el sistema. El entrenamiento para el sistema de reconocimiento de objetos comienza aquí después de que se hayan cargado las imágenes. Al tener el sistema entrenado se obtiene un archivo de esta herramienta y se sube a la plataforma para el desarrollo de la aplicación, que es la herramienta utilizada para el desarrollo de aplicaciones móviles denominada "App Inventor". La aplicación móvil cuenta con una sección de la pantalla donde se procesa el objeto, el logo del Instituto, un botón para detectar objetos, otro botón para seleccionar entre la cámara trasera y frontal del celular donde está instalada la aplicación. Como se muestra en la Figura 4, se calcula un nivel de confianza para los objetos y se proporciona de acuerdo con los parámetros del "Clasificador de imágenes personales", que también incluyen los niveles de entrenamiento y las opciones de procesamiento de imágenes. Se logró un nivel de confianza de aproximadamente el 95% para la bombilla.



Figura 7. Confianza USB HUB. Fuente del autor.

Conclusiones.

El desarrollo del proyecto se encuentra actualmente en la etapa de prueba y aplicación dentro del almacén, donde el algoritmo se está utilizando para ver cualquier mejora potencial en un entorno real. Es fundamental recalcar que, teniendo en cuenta el nivel de confianza proporcionado hasta el momento por la herramienta para la generación del modelo, se ha logrado un análisis óptimo de los objetos analizados a través de la aplicación móvil. El método de Adam es fundamental para el análisis de los objetos, y dado que cada producto envía cadenas de datos de 8 bits de información, la velocidad de Internet o la señal de datos móviles del propio teléfono, que puede enviar y recibir información a 3 MB por segundo. El siguiente paso consiste en comenzar a cargar todos los productos de

un almacén (alrededor de 3000) al sistema y comenzar a verificar el alcance que estaría disponible para el procesamiento de imágenes, así como el nivel de confianza en función de los resultados mediante un análisis estadístico de la eficacia o nivel de confianza marcado en el sistema en el momento en que se está ejecutando. Las pruebas hasta ahora han sido satisfactorias, pero es necesario comenzar a crear múltiples escenarios utilizando productos que cada vez son más similares en términos de su forma física. El uso de dispositivos móviles con diversos atributos técnicos, como resolución, calidad de cámara y versión del sistema operativo Android, sería otra prueba intrigante. Futuras mejoras podrían incluir la adaptación del sistema a múltiples plataformas, incluyendo Windows, iOS y Linux, para maximizar la versatilidad del equipo. También se podría incluir la adaptación del sistema a su propia base de datos y el uso de un servicio de servidor en la nube para evitar utilizar la limitada capacidad de almacenamiento de algunas plataformas.

Agradecimientos.

Al CONACYT por el apoyo brindado en la realización de este trabajo de tesis siendo en todo momento un soporte invaluable. Al Instituto Tecnológico de Cuautla y San Juan del Rio por abrir la posibilidad de poder cursar la maestría, brindando todo su apoyo durante todo el proceso, abriendo sus puertas y mostrando nuevos retos y experiencias que sin duda será de provecho para el resto de la vida laboral. A las asesoras de posgrado M. A. Leonor Ángeles Hernández y Dra. Armida González por brindar todo el apoyo para llevar a cabo este proyecto, brindando sus consejos y conocimientos para poder mejorar a cada momento, muchas gracias.

Referencias

- Anderl., R. N. (2013). The w-model—using systems engineering for adaptronics. *Procedia Computer Science*.
- Bailón Lucas, J. G. (2019). *Desarrollo de un sistema reconocedor de frutas para supermercados aplicando visión artificial*. Guayaquil: (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales).
- Calle Allaico, P. F. (2022). *Construcción de un prototipo de sistema robótico para el despacho de productos farmacéuticos de bajo peso utilizando visión artificial y comunicación inalámbrica*.
- Muñoz Velasco, Á. (2020). *Desarrollo de un sistema de estantería inteligente mediante visión por computador*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Pajares Martinsanz, G. G. (2002). *Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones*. España: Ra-Ma Editorial, S.A. .

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE MERCADOTECNIA A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE DATOS DE LA OPINIÓN PÚBLICA

A. Bárcenas-Reséndiz¹ y A. González-Lorence²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N Juan Morales, 62745 Cuautla, Morelos- m21680027@cuautla.tecnm.mx,

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan del Río, Av. Tecnológico 2, Quintas de Guadalupe, 76800 San Juan del Río, Qro - posgrado@sjuanrio.tecnm.mx

Área de participación: CIENCIA DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES (ISC)

Resumen: La era digital presenta enormes oportunidades para que tanto el sector público como el privado innoven en la modernización de su gestión. El uso de herramientas modernas para el análisis de datos y la tecnología tiene el potencial de alterar fundamentalmente la forma en que la sociedad ve cualquier problema. y promover técnicas de evaluación de vanguardia. Este artículo analiza cómo el análisis de datos se puede utilizar como una herramienta poderosa para identificar áreas donde se pueden mejorar las estrategias de marketing, definir nuevos estándares para esas mejoras y evaluar la opinión pública de las entidades comerciales. Se argumenta que usar el análisis de datos para evaluar cómo las empresas afectan la forma en que el público las percibe es una opción práctica, asequible e innovadora. Utilizando diversas herramientas técnicas y metodológicas de última generación para evaluar el impacto de las redes sociales en la opinión pública, pretende apoyar de esta forma el posicionamiento de las empresas.

Introducción.

Si bien es cierto que hablar de una opinión pública sólida depende del contexto, ésta suele ser muy dispersa y variada. Los medios de comunicación, y en especial las redes sociales, juegan un papel importante y fundamental en una sociedad. Debatir y discutir implica un procesamiento previo de las ideologías que se utilizan como base para defender una posición sobre los diversos problemas de la sociedad (Díaz Domínguez, González Rivera, Jiménez Blanco y Martínez Robles, 2018). A partir de este procesamiento se genera una opinión pública que frecuentemente se utiliza como punto de referencia para las personas y, de paso, tiene mucha influencia en la compra de servicios. De esta manera, las redes sociales juegan un papel crucial en las decisiones de las personas (Campos Freire, 2008). Todo esto alimenta una imagen idealizada de una persona que pueden utilizar para decidir sobre un tema de interés.

La empresa de telecomunicaciones GYBO ofrece una variedad de servicios, que incluyen almacenamiento en la nube, telefonía e Internet. Aunque tiene una presencia importante en Pedro Escobedo, la clientela sigue dominada por la competencia. Si bien GYBO no ocupa el primer lugar en el municipio de Pedro Escobedo, compite con empresas como Telmex, Apitel, Telecable y Altnet y cuenta con una importante clientela que avala su calidad y servicios.

Debido a que no todos los residentes del municipio de Pedro Escobedo conocen o están familiarizados con GYBO, cuenta con solo 1.140 clientes. Debido a esto, el presente artículo examina cuál es la opinión de la gente del municipio de Pedro Escobedo sobre el negocio y sus rivales para sugerir planes de marketing que lo mejoren y atraigan clientes.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para utilizar los datos obtenidos sobre la opinión pública se utilizan herramientas de análisis de datos de diversas características. El objetivo de esta investigación es encontrar estrategias de mercado que atiendan las necesidades de la empresa GYBO en el entorno estadístico y analítico, y que puedan ser utilizados en tiempo real y así llegar a una solución a un problema planteado donde se guardan los datos en las bases de datos de la organización. Cualquiera, ya sea que tenga conocimientos tecnológicos o no, tiene curiosidad acerca de cómo se almacena la información del mundo en sitios como Facebook, Twitter e Instagram, o cómo Google puede responder de manera eficiente a todas las consultas diarias. La tasa actual de generación de datos es abrumadora, y la mera capacidad de recopilar y analizar estos datos parece una razón suficiente para dudar del análisis (Noelle-Neumann, 1995).

Los proveedores de servicios deben tener tacto para evitar convertirse en partícipes de la democratización de la información, teniendo en cuenta que las personas en nuestra sociedad son muy susceptibles de absorber ideas, pensamientos y críticas. Es ahí donde surge el término opinión pública, que puede ser transformada, sin limitar, claro, el que las personas ejerzan su libertad de expresión (Seco y Muñoz Miranda, 2018). El término líder de opinión aparece cuando un medio de comunicación o una persona particular tiene mucha influencia en los receptores de la información, tomando en cuenta esto, la investigación es instrumento para que la empresa GYBO logre ser un líder en el ámbito de servicios de telecomunicaciones en el municipio de Pedro Escobedo.

La empresa GYBO mejora constantemente en temas de infraestructura y de capacitaciones, esto con el fin, de posicionarse como líder en el mercado de Telecomunicaciones a Nivel Municipal; en los últimos 4 años, las ganancias de la empresa han aumentado a más del triple.

Resultados y Discusión.

Gracias a las nuevas tecnologías, ahora se pueden crear encuestas electrónicas; datos cualitativos sobre cómo el usuario percibe un producto o servicio. Este tipo de herramienta ayuda a las empresas a comprender los beneficios o efectos de los servicios que brindan a sus clientes con lo que ofrecen. Se requiere dedicación y disposición para correr riesgos con las innovaciones tecnológicas que producen resultados positivos al evaluar el impacto de los productos o servicios que superan los límites del conocimiento en estos campos.

Para la evaluación de la opinión pública se hace uso de un formulario de Google con un total de 10 preguntas con 2 a 5 opciones de respuestas múltiples predeterminadas que tienen relación directa con el cumplimiento de los objetivos de la investigación. Se realizan preguntas cerradas para que sea más rápido y exacto el contestarlas y así obtener una medición más acertada de los servicios que brinda la empresa. Dentro de la encuesta, se encuentran tres preguntas clave que encaminan la investigación en la dirección correcta y hacia el logro del objetivo.

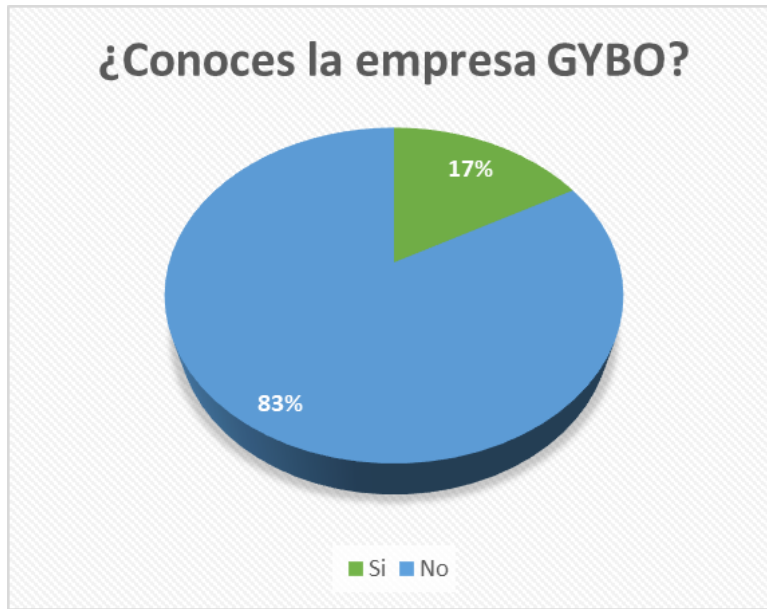


Figura 1. ¿Conoces la empresa GYBO?
Fuente: Creación propia

El 83% de las personas encuestadas responde que no conoce la empresa GYBO, lo que indica que existe un alto porcentaje de posibles nuevos clientes y confirma la necesidad de contar con un nuevo plan estratégico de mercadotecnia para la empresa.



Figura 2. ¿Cómo conociste tu proveedor de internet?
Fuente: Creación propia

En esta figura se verifica que las redes sociales son actualmente la herramienta de comunicación más poderosa para promover los productos y/o servicios ofertados por las empresas; ya que representan el 81% de la forma en la que los clientes conocieron a su empresa proveedora de internet.

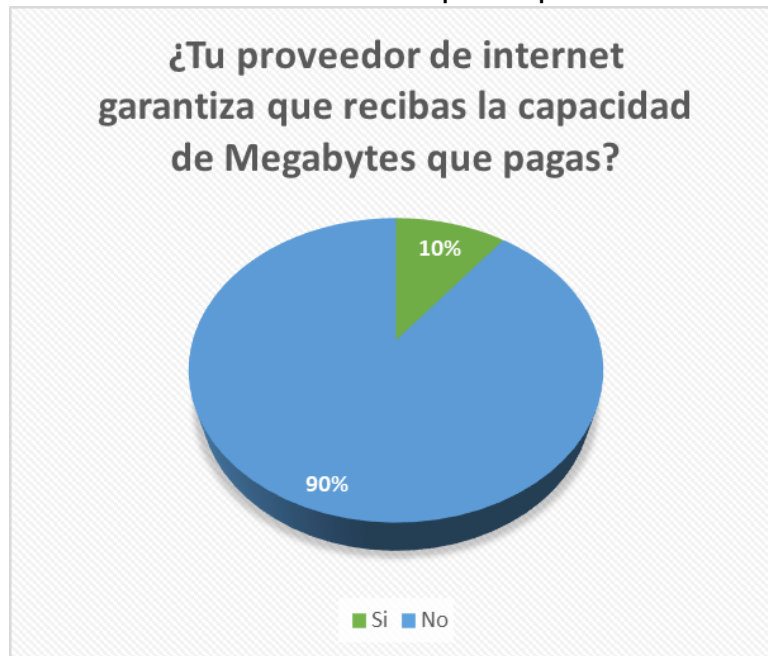


Figura 3. ¿Tu proveedor de internet garantiza que recibas la capacidad de MB que pagas? Fuente: Creación propia

Finalmente, con la pregunta representada en la figura 3, se puede observar que el 90% de los clientes de las distintas empresas proveedoras de internet no obtienen la garantía de recibir la capacidad de Megabytes que adquirieron en su paquete contratado; esto es importante ya que la empresa GYBO tiene una política estricta que se alinea a garantizar que los clientes reciben siempre los Megabytes ofertados en los distintos paquetes de la empresa. Utilizando principalmente las tres respuestas presentadas previamente se logra hacer un análisis de las áreas de oportunidad a las que se enfrenta la empresa GYBO; esto con la finalidad de desarrollar una propuesta para el mejoramiento de las estrategias de mercadotecnia que son utilizadas para la captación de clientes.

La empresa debe considerar los siguientes puntos clave con relación a los servicios ofertados:

- Competir efectivamente buscando nichos de mercado para incrementar su cuota de mercado
- Permanecer en el mercado con precios competitivos de acuerdo con cada tipo de servicio ofertado, así como contar con los mejores beneficios y ofertas para sus clientes.

- Realizar una excelente campaña de publicidad para captar a nuevos clientes y que estos permanezcan por tiempo indefinido consumiendo los servicios.
- Lograr incrementar la frecuencia de adquisición de nuevos clientes; lo que puede lograrse a través de promociones tácticas agradables, y de esta forma lograr ser el principal proveedor del servicio en el municipio.

Estos puntos clave se lograrán con la integración de la empresa GYBO al mundo de las redes sociales; gracias a la investigación la empresa logra entender que para mantenerse viva en el mercado y lograr la captación frecuente de clientes tiene que actualizarse y crear páginas de las principales redes sociales utilizadas por los habitantes del municipio de Pedro Escobedo, en este caso Facebook e Instagram.



Figura 4. Propuesta página de Facebook para la empresa GYBO
Fuente: Creación propia

El uso de los datos, tecnología e innovación permitirá aumentar la productividad y la competitividad de la empresa GYBO al evaluar el impacto de los productos o servicios que ofrecen. Numerosos beneficios adicionales proporcionados por las evaluaciones ayudan a crear empresas sólidas en las que las personas pueden confiar, mejorar los servicios ofertados, combatir la competencia, fomentar la responsabilidad y motivar a los clientes a participar en actividades comerciales.

Conclusiones.

Al evaluar la eficacia y la percepción pública de una empresa, se pueden utilizar varias técnicas de evaluación para cuantificar el impacto de los productos y servicios que ofrece. Cada tipo de análisis es el resultado final de experimentar con varios métodos y técnicas de apoyo. El uso de datos y análisis estadísticos es una opción viable porque las bases de datos para el análisis estadístico o las listas de clientes de la empresa contienen datos para el análisis basado en evidencia. Además, las encuestas electrónicas se pueden utilizar para recopilar comentarios de los consumidores sobre su grado de satisfacción con los productos y servicios de las marcas.

Las empresas deben adelantarse a la competencia y aprovechar las oportunidades que ofrece la era digital para implementar proyectos innovadores y promover nuevos métodos de evaluación. Para ello, es necesario analizar los datos disponibles utilizando herramientas técnicas estadísticas; los resultados del análisis pueden luego ser utilizados por la política comercial para respaldar decisiones más enérgicas. Es fundamental promover el uso metódico de la evidencia, en particular de datos y hechos comprobables que mejoren los bienes y servicios ofrecidos. Sin duda, los grandes datos se utilizarán para impulsar el cambio y mejorar la toma de decisiones, lo que los convierte en una herramienta útil para monitorear y evaluar el bien social.

Un escenario que fomenta la participación de clientes de varios negocios y les permite discutir los efectos de los productos y servicios que ofrecen mientras establecen prioridades para la mejora a nivel de negocio es aquel en el que las evaluaciones están respaldadas por una variedad de herramientas técnicas y objetivas. Las evaluaciones deben servir como catalizador para las iniciativas de mejora basadas en datos en beneficio de los clientes. La promoción de datos abiertos y de alta calidad ayudará a sentar las bases para los productos y servicios de alta calidad que ofrecen las empresas, además de fortalecer las organizaciones y aumentar la confianza del consumidor.

Agradecimientos.

A mis colegas y profesores por compartir su amplio conocimiento para el enriquecimiento de esta investigación.

A la Dra. Armida González por su guía, paciencia y apoyo.

Referencias

Díaz Domínguez, J. N., González Rivera, D. M., Jiménez Blanco, A. R. y Martínez Robles, A. M. (2018). *Los cambios introducidos por las redes sociales en la dinámica*

- contemporánea de los medios clásicos* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. <http://hdl.handle.net/20.500.12749/736>
- Campos Freire, F., (2008). Las redes sociales trastocan los modelos de los medios de comunicación tradicionales. *Revista Latina de Comunicación Social*, 11(63).
- Noelle- Neumann, E. (1995). *La espiral del silencio: opinión pública, nuestra piel social*. Paidós.
- Seco, A. y Muñoz Miranda, A. (2018) *Panorama del uso de las tecnologías y soluciones digitales innovadoras en la política y la gestión fiscal*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0001281>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

DISEÑO DE UNA APP MÓVIL PARA LA ENSEÑANZA- APRENDIZAJE DE LA TARJETA ARDUINO PARA BACHILLERATO

J. C. Vazquez-Guerrero¹, A. Hernandez-Luna¹, C. J. Sampayo-Rodríguez¹

¹Maestría en Tecnologías de la Información del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Avenida Tecnológico No. 80, Col. 5 de octubre, Huauchinango Puebla, México, C.P. 73173
m22315015@huauchinango.tecnm.mx, aldo.hl@huauchinango.tecnm.mx,
carmen.sr@huauchinango.tecnm.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)

Resumen: La importancia de la tarjeta de programación Arduino nos da una gran versatilidad para la enseñanza. Arduino nos permite realizar proyectos para distintos usos y aplicaciones como: la construcción, control y monitoreo de dispositivos electrónicos que solucionan problemas de la vida real. El objetivo es el diseño de una aplicación para dispositivos Android, que sea un apoyo para estudiantes y docentes de bachillerato en la enseñanza-aprendizaje del uso de la tarjeta electrónica Arduino UNO, donde se aprenda los conceptos básicos de programación, la elaboración de algoritmos, creación de códigos y conexiones de la tarjeta electrónica. En este trabajo se analiza el diseño de una app móvil que permite introducir a los estudiantes en uso de dispositivos programables o microcontroladores de una manera más dinámica, autónoma y de fácil acceso dado que solo se necesita de un smartphone con sistema operativo Android para su instalación, ésta también sirve de beneficio para los docentes como apoyo en el proceso de enseñanza debido que ésta permitirá que los jóvenes desarrollen las competencias necesarias para crear pequeños proyectos sin el apoyo del docente.

Introducción.

Desde que empezó el uso del internet hasta por la década de los 90's este ha traído muchas ventajas en el área de la educación, aunque de manera poco atractivas (Cardona, 2002). Gracias a los smartphones podemos hacer muchas actividades sin la necesidad de salir de nuestra casa, por ejemplo, realizar compras sin la necesidad de ir a un centro comercial, realizar depósitos o transferencias sin ir a un banco y por la pandemia tuvimos la posibilidad de atender una clase sin necesidad de estar en un aula.

El apropiado manejo de estas nuevas tecnologías promete con el paso del tiempo una mejora en cuanto a su aplicación de los procesos de enseñanza-aprendizaje (Quishpe, 2020).

Los recursos económicos han sido un problema en las instituciones educativas, no se tienen las condiciones óptimas en cuanto a equipamiento para el desarrollo de proyectos, dicho lo anterior, Colombia se implementaron las técnicas de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEAM) y Aprendizajes Basados en Problemas (ABP) en la enseñanza mediante Arduino, para el apoyo en la asignatura de física (Sierra et al, 2019). Vemos como Arduino puede ser una herramienta de apoyo para el proceso de enseñanza. El uso de aplicaciones móviles es útil para que los estudiantes puedan aprender de manera autónoma como lo muestra la Universidad a Distancia de Madrid, Udima, en la que se desarrolló una app para dispositivos móviles en enseñanza a distancia, mostrando la experiencia con Android para la asignatura dirección de operaciones, donde se tuvo una gran aceptación por parte de los estudiantes (De la Peña, et al., 2015). Finalmente, en el

Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango se diseñó una app como herramienta de apoyo para la enseñanza-aprendizaje del álgebra básica (Cortes et al, 2021).

El presente trabajo consiste en diseñar una aplicación para la enseñanza-aprendizaje de la tarjeta electrónica Arduino UNO, se crea un entorno de aprendizaje agradable para que al usuario le sea de apoyo para el desarrollo de las competencias en carreras técnicas del nivel medio superior.

Desarrollo

A continuación, se explican los conceptos principales del sistema y su funcionamiento.

I. Funcionamiento

Aprende Arduino

Al iniciar la aplicación se presentará el logo principal, ver Figura 1, en cual aparecerá con una barra de carga del sistema, ver Figura 2, y posterior a esta, se visualizará la ventana que permitirá dar acceso a la aplicación mediante un usuario y contraseña, en caso de no tener, estará la opción de registrarse o entrar como invitado, ver Figura 3.



Figura 1. Logo "Aprende-Arduino"



Figura 2. Carga de la aplicación



Figura 3. Acceso a la aplicación

Una vez ingresando el usuario y contraseña se abrirá una ventana con la leyenda "BIENVENIDO", ver Figura 4, en un par de segundos se mostrará la ventana de menú principal.

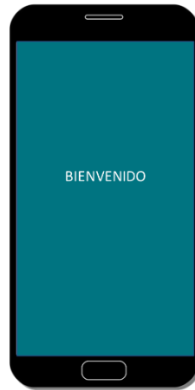


Figura 4. Mensaje de bienvenida

En la ventana principal se tendrán un menú, ver Figura 5, donde el usuario podrá ingresar a las opciones de: Proyectos, Información y Avances.



Figura 5. Menú principal.

Proyectos: Es la parte principal de la aplicación, esta sección se tendrán los proyectos que podrá realizar el usuario, cada uno con cierto grado de dificultad, el usuario es libre de escoger que proyecto desea realizar, ver Figura 6.



Figura 6. Ventana del apartado "Proyectos".

Una vez que el usuario entre al apartado de *Proyectos*, se mostrarán las actividades que se tienen que realizar: La primera consiste en realizar un diagrama de flujo, ver

Figura 7a, la segunda en elaborar el código del proyecto, ver Figura 7b, y finalmente realizar el armado del circuito electrónico, ver Figura 7c.



Figura 7. Actividades del apartado de “Proyecto”. a) Diagrama de flujo, b) Código del proyecto, c) Conexión del circuito

Información: En este apartado se concentrará la información necesaria para poder utilizar la tarjeta electrónica *Arduino UNO*, en esta sección se dividirá en tres partes: Conceptos básicos, Lenguaje de programación y Hardware, las cuales se especifican a continuación.

- a) **Conceptos básicos:** Esta sección contará con toda la información necesaria sobre electrónica, se manejan conceptos de fundamentales para que el usuario pueda repasar de manera rápida y simplificada, ver Figura 8a.
- b) **Lenguaje de programación:** Arduino maneja comandos específicos para su programación por lo que en esta sección se puede ver todos los comandos que puede utilizar Arduino. Estos se dividen en tres partes principales: funciones, valores (variables y constantes) y estructura, ver Figura 8b.
- c) **Hardware:** Arduino es un sistema de programación libre y puede ser utilizado para una gran variedad de aplicaciones, por lo tanto, hay una basta variedad de componentes que pueden funcionar con este tipo de tarjetas, es por esto, que en esta sección se da a conocer una descripción de los más utilizados, ver Figura 8c.



Figura 8. Actividades del apartado de “Información”. a) Apartado “Conceptos básicos”, b) Apartado “Lenguaje de programación”, c) Apartado “Hardware”

Avances: El usuario podrá visualizar de manera sintetizada sus avances en cuanto a los proyectos que haya realizado, podrá ver su porcentaje de calificación y enviarlo a un destinatario de correo deseado, ver Figura 9.

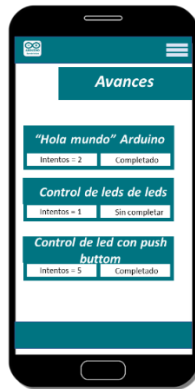


Figura 9. Ventana del apartado “Avances”.

II. Diseño de la aplicación para teléfonos móviles (Smartphones)

La aplicación está diseñada de manera intuitiva, el usuario podrá realizar la navegación de forma sencilla, evitando la saturación de información en la pantalla. La arquitectura de la aplicación es simple de comprender ya que consiste en un sistema que va guando al usuario por cada ventana de la aplicación, para explicarlo de mejor manera en la Figura 10 se presentan las rutas de navegabilidad.



Figura 10. Navegabilidad de la aplicación.

Resultados

Para obtener mejores resultados y más reales se realizó una encuesta a alumnos de 4to semestre del Centro de Bachillerato Tecnológico industrial y de servicios no. 86 (CBTis 86), cabe mencionar que en 4to semestre se lleva el submódulo de “Utiliza y programa tarjetas electrónicas de control” por lo que estos alumnos conocen el tema a un nivel básico. En la entrevista se formularon preguntas acerca del aspecto de la aplicación, para ver que colores son más adecuados para los usuarios, también se cuestionó en la navegabilidad para saber la complejidad de su uso y por último en la manera de cómo realizar las actividades del apartado de *Proyectos*. Para obtener la información se realizó el siguiente cuestionario:

Cuestionario.

1. ¿Estás de acuerdo con la selección de colores? SI/NO
2. ¿Prefieres los colores claros? SI/NO
3. En los apartados de la ventana principal, ¿Consideras que son lo apropiados? SI/NO
4. ¿La aplicación es fácil de digerir (Texto y distribución de información)? SI/NO
5. ¿Usarías esta aplicación como ayuda para tus proyectos? SI/NO
6. ¿Consideras que puede mejorar? SI/NO
7. ¿Te gusta el tamaño de letra? SI/NO
8. ¿Estás de acuerdo que sea para dispositivos Android? SI/NO
9. ¿Te gustaría que tuviera animaciones? SI/NO
10. ¿Estás de acuerdo que la aplicación registre tu avance? SI/NO

Encuesta realizada a alumnos del CBTis 86.

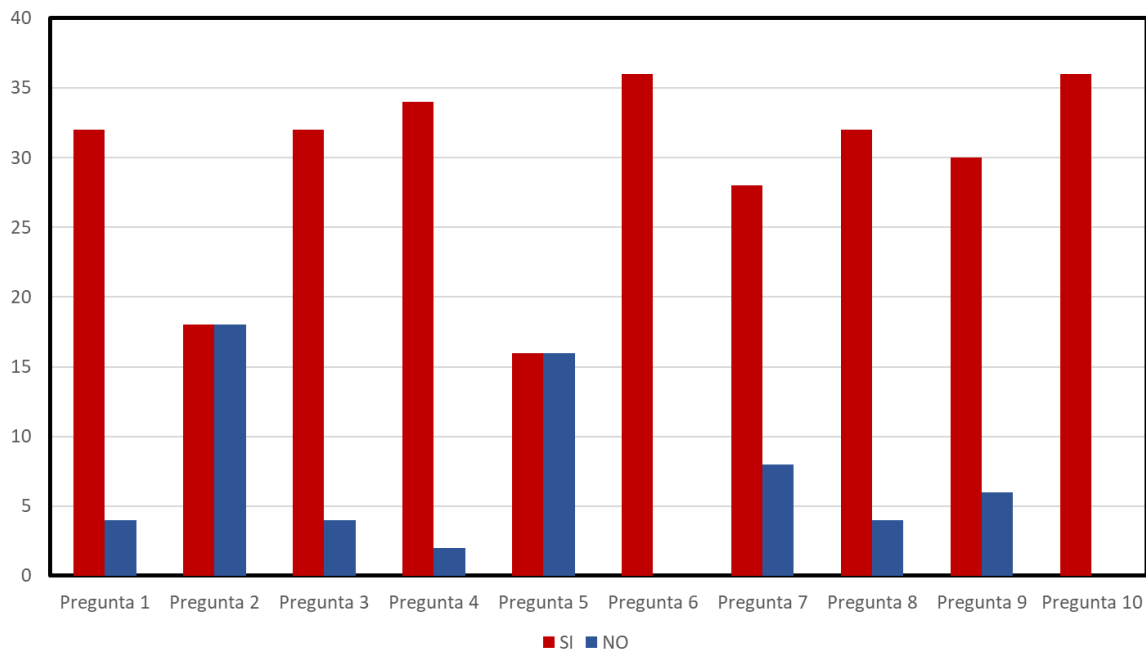


Figura 11. Resultados de la encuesta.

Una vez realizada la entrevista se observó que la mayoría de los alumnos está de acuerdo en el diseño inicial, por lo que las correcciones realizadas son mínimas. Una modificación que se realizó es en la selección de colores, derivado de que a la mayoría de los encuestados no les agradaron los colores oscuros, se tuvo que modificar, esta vez se utilizaron los colores de la misma tarjeta Arduino, combinado con colores similares, pero tonos más claros.

En cuanto al contenido de la ventana principal se modificó un apartado el cual antes se llamaba "Introducción" en el cual se comentó se pensaba que era un tutoría de la aplicación y no la introducción de las tarjeteas electrónicas de Arduino, por lo que se modificó a "Conceptos básicos", continuando con las sugerencias se anexo un apartado de "Hardware" debido a que existen muchos elementos electrónicos y es confuso buscarlos por internet así que la aplicación tiene un concentrado de los elementos con una pequeña descripción de los mismos.

Docentes como estudiantes son beneficiados con el concepto de la app ya que para el docente se crea una herramienta de apoyo que puede utilizar, tanto dentro, como fuera del aula de clase y a la cual casi todos los estudiantes tienen acceso por solo necesitarían un smartphone, cosa que es muy común hoy en día.

Conclusiones.

Con el desarrollo de esta herramienta para los alumnos y maestros de bachillerato, se planea sirva como apoyo para una mejor comprensión del tema, este permite que el alumno aprenda de manera autónoma sin la necesidad del acompañamiento del docente debido a que la herramienta trabaja mediante el aprendizaje basado en proyectos (ABP), en donde se realizar actividades aplicables a un contexto de la vida real, aunado a esto se maneja una plataforma interactiva para la creación del código de programación.

En cuanto a la parte del docente, la herramienta le permitirá un mejor avance y desarrollo de las competencias de los alumnos al igual que puede basarse en esta para la elaboración de su planeación ya que esta conforme al plan de estudios de Sistema de Educación Media Superior (SEMS), que comparten los bachilleratos tecnológicos del país.

Agradecimientos.

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Maestría en Tecnologías de la Información del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango y al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

Cardona, O. G., (2002). Tendencias educativas para el siglo XXI. Educación virtual online y e-learning, elementos para la discusión. Edutec, 15. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 15.

- Quishpe, C., (2020). Diseño de una aplicación móvil educativa a través de app inventor para reforzar el proceso enseñanza-aprendizaje de operaciones con números enteros. Universidad Central del Ecuador.
- Sierra, D. H., Rojas, J. G., & García, Á. R. (2019, August). Implementando las metodologías STEAM y ABP en la enseñanza de la física mediante Arduino. In Memorias de Congresos UTP (pp. 133-137).
- de la Peña Esteban, F. D., & García, M. C. B. (2015). Modelo práctico de aplicación (app) para dispositivo móvil en las asignaturas universitarias de enseñanza a distancia. Experiencia con Android para la asignatura Dirección de Operaciones. EDUTECH. Revista electrónica de tecnología educativa.
- Velázquez, F. C., Quiroz, G. S. C., Luna, M. C., & Cabrera, H. H. (2021). Diseño de una app como herramienta de apoyo para la enseñanza-aprendizaje del álgebra básica. Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI, 62-76.

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

USO DE METAPROGRAMACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE COMPROBANTES FISCALES DIGITALES (CFDI)

G. G. Sanchez-Orduña¹, M. L. Acosta-Miranda¹, A. C. Navarrete-Fernandez²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, , Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N, Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos, México- m21680075@cuautla.tecnm.mx, monica.acosta@cuautla.tecnm.mx, ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan del Río, Av. Tecnológico # 2 esq. Eje Central San Juan del Río, Querétaro – custodio.nf@sjuanrio.tecnm.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)

Resumen: Uno de los problemas más comunes en los sistemas de facturación, es cuando se debe implementar una nueva versión de CFDI, y la transición no siempre es sencilla, por ejemplo, de la transición de la versión 3.3 a la versión 4 lleva posponiéndose más de año y medio (debió entrar en vigor el 31 de diciembre 2022). Es común realizar actualizaciones sobre el código existente, hasta tener las modificaciones necesarias para liberar la versión más actual. Para combatir este problema se hace uso de la meta programación en Ruby precisamente con la función **eval**, el proyecto está desarrollado con el Frameworks de Ruby On Rails en su versión 7.0, con Ruby en su versión 3.0.3, y hace uso de archivos JSON, para recolectar la información y posteriormente procesar esta información.

Introducción

El CFDI (Comprobante Fiscal Digital por Internet) es un documento fiscal electrónico que se utiliza en México para registrar transacciones comerciales y cumplir con las obligaciones fiscales. El CFDI ha sufrido de actualizaciones desde su implementación en el 2014 para mejorar su eficiencia y seguridad, y también para adaptarse a los cambios en la legislación fiscal. Y cada versión requiere de actualizaciones en los sistemas informáticos para apegarse al anexo 20, documento en el cual describe las especificaciones del documento CFDI actual.

Después de desarrollar y actualizar diversos sistemas para la generación de documentos CFDI en sus versiones 3.2, 3.3 y 4.0, es como se llegó a una nueva arquitectura y que fuera más eficiente y robusto, la cual tiene como objetivo facilitar la transición entre versiones y puedan convivir durante ese tiempo, mientras se adaptan los procesos administrativos.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Ruby on Rails es un framework de desarrollo de aplicaciones web de código abierto que se utiliza para crear aplicaciones web de alta calidad de manera rápida y eficiente (Rails Guides 2022), utiliza la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) para separar la lógica de la aplicación en tres componentes principales: el modelo, se encarga de la lógica de negocio y la interacción con la base de datos; la vista, que maneja la presentación de la información al usuario; y el controlador, que maneja las solicitudes del usuario.

En Ruby, la función **eval** se utiliza para evaluar y ejecutar una cadena de texto como si fuera código Ruby válido, es por ello que se consideran los datos como código y

el código como dato (Sidu Ponnappa y Jasim A Basheer 2023), por lo que haciendo uso de esta característica es como se hace implementa la meta programación y se propone la siguiente arquitectura:

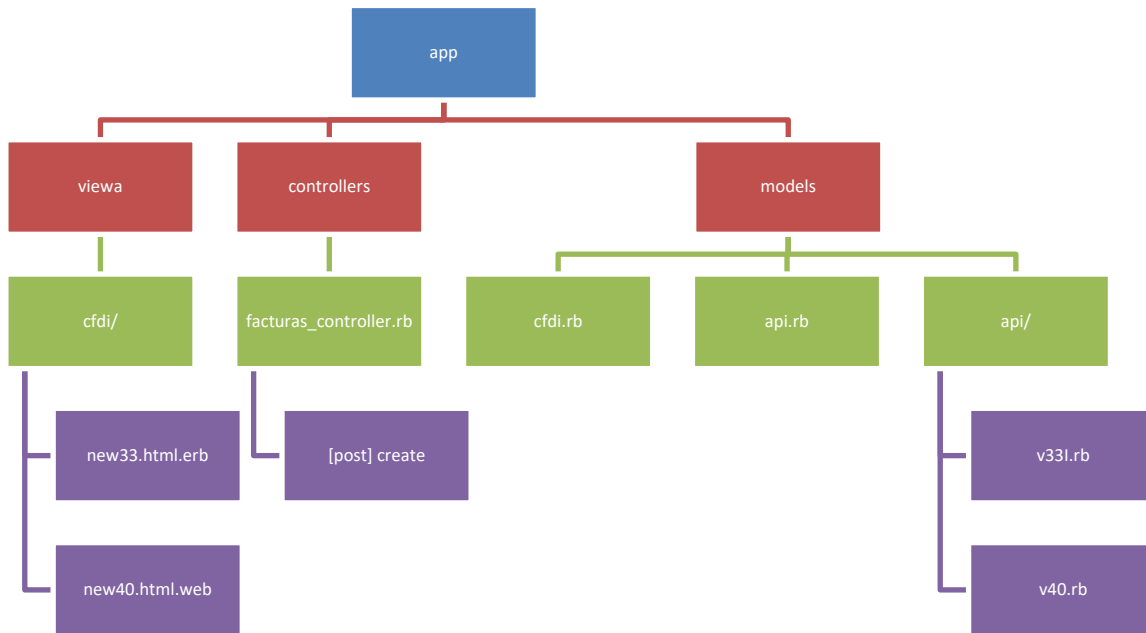


Figura 1. Estructura propuesta para organizar los modelos.

La finalidad de la arquitectura anterior es la de no modificar archivos, para llevar acabo la actualización de versión, si no la de crear archivos nuevos, basándose en la versión anterior inmediata, si así fuera necesario, para mantener un código lo más limpio posible y por lo tanto lograr un mejor rendimiento en la aplicación.

El archivo `cfdi.rb` es el modelo principal y el que representa un documento CFDI, en él se encuentran todos los métodos relacionados con el CFDI, los archivos `v331.rb` y `v40l.rb` son los modelos que representan la versión del documento fiscal con el cual se está trabajando, este modelo hereda todas las propiedades de `cfdi.rb`, por lo que al instanciar directamente de alguno de estas versiones; la razón de estos modelos, es la de implementar nuevas versiones de una manera más sencilla, ya que en lugar de modificar el código, se trabajara en un archivo nuevo e independiente, enfocándose en cumplir las especificaciones más actuales del anexo 20, documento donde se encuentran todas las especificaciones de que tienen que tener los documentos XML. La razón del nombrado de los modelos, `v331.rb` y `v40l.rb`, es la de poder usar la meta programación para instanciar estos modelos de manera dinámica de acuerdo a la versión indicada en la información para generar el CFDI, estas clases están homologadas por lo que comparten la misma estructura en sus métodos, sin embargo, el contenido de este puede ser diferente de acuerdo a la versión.

Para cada modelo de versión, se establecieron métodos que fueran comunes entre sí, como se muestra en la tabla 1, con la finalidad de que todas las clases fueran

iguales, para lograr el objetivo. Estos métodos se consideran los más importantes, durante el ciclo de timbrado.

Descripción de métodos principales en el ciclo del timbrado

TABLA 1 De los métodos comunes de timbrado, propios para cada versión.

Método	Descripción	Modelo
get_json	Método para recuperar toda la información necesaria para la creación del CFDI	<pre> class Api::V40I < Cfdi def self.get_json ... end def self.crear_xml ... end def self.sellar ... end def self.timbrar ... end def self.to_pdf ... end end </pre>
crear_xml	A partir de la información json, se crea el archivo XML, con las especificaciones de acuerdo a su versión.	
sellar	Sella el archivo XML generado	
timbrar	Manda timbrar el archivo XML con un PAC autorizado	
to_pdf	Crea la representación impresa del CFDI, la especificaciones de lo que debe contener el documento PDF cambia en cada versión	

En la figura 2, se muestra un fragmento de código, en la cual se muestra como es la implementación y el orden de los métodos para generar un CFDI de acuerdo con el último lineamiento (Anexo 20 SAT 2022).

Cabe mencionar que la información contenida en la variable @json, fue capturada previamente, y se encuentra estructurada de manera similar a como estaría en el documento XML, y este contiene la versión con la cual será timbrado.

Puede apreciarse que los métodos se llaman de manera consecutiva, con la finalidad de demostrar su implementación.

```

1  # se obtiene la version especificada en el archivo json
2  version = (@json['Comprobante']['Version'])
3  # En este punto se manda llamar de manera dinamica a la clase
4  # en funcion de la version indicada
5  #
6  cfdi = eval("Api::V#{version}I").registra_json(@json)
7  # posteriormente se ejecutan los metodos para lograr el timbrado
8  cfdi.get_json
9  cfdi.crear_xml
10 cfdi.sellar
11 cfdi.timbrar
12 cfdi.to_pdf
                    
```

Figura 2. Implementación básica para llevar a cabo el timbrado

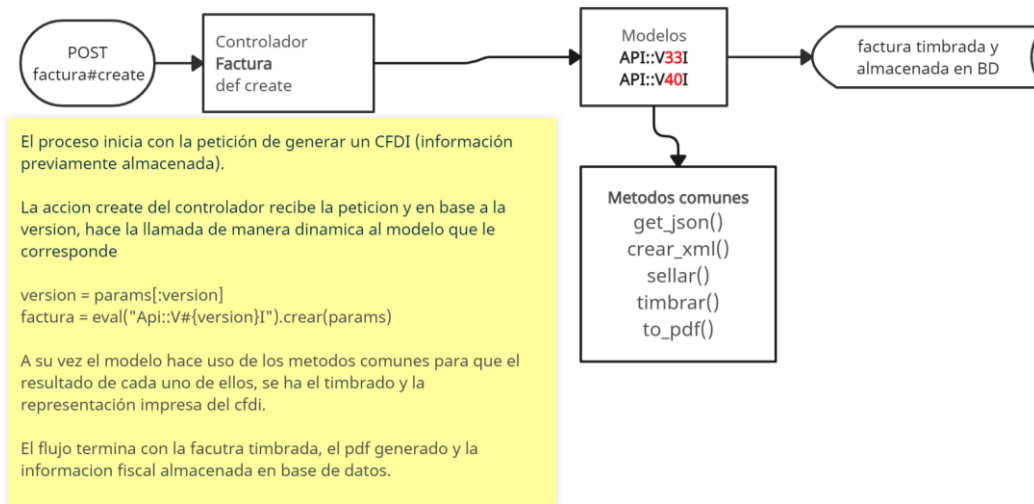


Figura 3. Flujo del proceso para llevar a cabo el timbrado.

El uso de la meta programación también se usa en otras partes del sistema, para tener el mínimo de código posible para cumplir su funcionalidad, en la figura 4 se muestra un fragmento de código con lo más importante para comprender su funcionamiento.

```
def to_pdf
  # recupera la información en formato json para
  # elaborar el documento PDF
  archivo_json = self.get_json
  version = self[:version]
  tp = self[:TipoDeComprobante]
  # de acuerdo a la versión se invoca el archivo que se encargara de
  # la versión impresa (PDF)
  cmd="curl -G \" + url_php + "/to_v#{version}#{tp}_pdf.php?json=..."
  system(cmd)
end
```

Figura 4. Se invoca la URL para generar el documento PDF, de acuerdo al tipo y versión de documento.

Podrían parecer pequeños detalles de la implementación de meta programación, pero: La única habilidad que separa a los malos programadores de los buenos es la atención al detalle (Shaw, Z. (2014). Learn Ruby the hard way).

Resultados y Discusión.

La implementación aquí planteada, ha permitido tener una convivencia de versiones de documentos CFDI, pero sobre todo dar soporte a cada una de ellas, cada una con su propio código independiente, es como tener dos sistemas trabajando juntos.

Se ha podido codificar métodos generar el documento CFDI y su representación impresa en PDF de una manera más rápida, gracias a la ventaja de que no se

agregan validaciones para no interferir con la versión anterior, puesto que solo se centra en una versión en específico.

El uso de la meta programación mediante la función eval y system en ruby, es como se ha podido tener esta arquitectura en el proyecto, la cual ha disminuido el tiempo y esfuerzo en el desarrollo de la aplicación.

En caso de que en alguna versión requiera del uso de un método adicional, este se podrá agregar sin ningún problema, y mandarse llamar en alguno de los métodos comunes de la misma clase.

Conclusiones.

Al implementar esta estructura para tratar las diferentes versiones de CFDI, trajo beneficios al desarrollo del sistema, ya que cada línea de código en los modelos es exclusiva de la versión, pues se codifica pensando en cumplir los requerimientos de la nueva versión, con la tranquilidad que no se está afectando la versión anterior.

El generar código con comportamiento dinámico de acuerdo a la información de entrada permitirá que la aplicación pueda escalar y ser más robusta, porque solo se codificaran las nuevas clases y sin la necesidad de modificar el código del flujo anterior para la generación del CFDI, es decir se libera la versión 4.5, entonces se genera la vista y el modelo para cumplir con los nuevos requerimientos, y cuando la versión 3.3 ya no tenga vigencia, solo se dejaran de usar estas partes por lo que el sistema seguirá su flujo.

Con el uso de la meta programación no solo se puede lograr instancias dinámicas de clase, también puede ser aplicado para llamar a métodos de manera dinámica.

Los beneficios no solo están a nivel de esfuerzo y tiempo, si no en el mantenimiento futuro que se le dará, o las nuevas funciones.

Una arquitectura con cimientos sólidos permitirá a nuestra aplicación crecer de manera vertical, de una manera más sencilla, rápida y aun menor costo.

Agradecimientos.

Como alumno de la maestría en ingeniería administrativa por el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Cuautla, un gran agradecimiento a las autoridades académicas, por las facilidades para la realización de este trabajo de investigación, así como a los revisores por su tiempo y apoyo en sus observaciones.

Referencias

- Evans, J. (2021). Polished Ruby Programming: Build better software with more intuitive, maintainable, scalable, and high-performance Ruby code. Packt Publishing.
- Shaw, Z. (2014). Learn Ruby the hard way: A simple and idiomatic introduction to the imaginative world of computational thinking with code. Pearson Education.

- Sidu Ponnappa y Jasim A Basheer. (2023). rubymonk.com. Obtenido de <http://rubymonk.com/learning/books/5-metaprogramming-ruby-ascent/chapters/24-eval/lessons/63-eval>
- Rails Guides (2022). Documentación oficial de Ruby on Rails, sección: Active Model Basics. https://guides.rubyonrails.org/active_model_basics.html
- SAT 2022, Anexo 20 Guía de llenado de los comprobantes fiscales digitales por Internet: <http://omawww.sat.gob.mx/tramitesyservicios/Paginas/documentos/GuiaAnexo311221.pdf>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

USO DE DATA WAREHOUSE COMO MEDIDA DE MARKETING.

M. A. Riquelme-Mata, L. A. Domínguez-Sánchez, N. J. Ontiveros-Hernández, L. E. Marín-Vaca.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27,
Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- mg17090345@zacatepec.tecnm.mx,
mg17091227@zacatepec.tecnm.mx, norma.oh@zacatepec.tecnm.mx,
elva.mv@zacatepec.tecnm.mx.

Área de participación: CIENCIA DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES (ISC)

Resumen: En el presente trabajo se expondrá las ventajas de los data Warehouse (almacén de datos), y como son estos una herramienta necesaria en la industria comercial.

Usando la información con la que se cuenta en la red de Internet, y los conocimientos adquiridos al paso del tiempo, se puede concluir que, a pesar de no ser una rama de estudio muy conocida, es prescindible para la industria del comercio y marketing. Su uso es innovador, al combinar matemáticas, estadística, bases de datos, así como otras herramientas actuales.

El término "Data Warehouse" fue usado por primera vez en el año de 1988 con investigadores de IBM y acuñado por William H. Inmon, por lo cual, desde dicha fecha se ha expandido el conocimiento respecto a esta rama de la industria, siendo una herramienta requerida por las empresas para asegurar su crecimiento en el mercado. Se hará referencia a empresas de venta de productos conocidos por el público en general, y como ha sido su participación en el mercado gracias al uso de esta ciencia.

Palabras clave:

DataWarehouse, Marketing, Muestreo estadístico, Matemáticas aplicadas, Banco de datos.

Introducción.

Los data Warehouse (almacén de datos), es la recolección de información de transacciones, eventos, avenencias, e incluso, intransigencias, las cuales se almacenan de manera electrónica por tiempo indefinido. Dicha información debe de contar con requerimientos para su almacenaje seguro:

- *Fiable
- *Fácil recuperación de los datos
- *Fácil administración
- *Condiciones ambientales adecuadas
- *Resguardo adecuado
- *Equipos de almacenaje confiable
- *Etc.

Comúnmente se tiende a confundir un DataWarehouse con una base de datos, y aunque es cierto que comparten algunas características, también es necesario mencionar que las diferencias son amplias y significativas.

Una "base de datos" contiene/almacena información por cortos lapsos de tiempo, puesto que su función principal es otorgar resultados desde un computador

personal, por lo que sería casi imposible que maneje datos con antigüedad mayor a 5 años.

El uso de las bases de datos es muy común en comercios pequeños, instituciones, o microempresas.

Cuando hablamos de DataWarehouse hablamos de millones de datos, han sido recabados por medio de bases de datos.



Figura 1. Almacenamiento de *data warehouse*, tomada de <https://www.powerdata.es/data-warehouse>



Figura 2. Creación de *data warehouse*, tomada de <https://javieroto.wordpress.com/2019/10/14/5-powerbi-ssas-arquitectura-data-warehouse-y-etl/>

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La clasificación de los DataWarehouse es la siguiente

*Básica: es en la cual los datos entran en bruto, y se almacenan junto con los metadatos (datos que describen a otros datos)

*Área de ensayo: a diferencia de la básica, estos datos son limpiados y almacenados de una manera más sofisticada y administrable.

*Data Marts: es un sistema diseñado tener todo separado por categoría, ya sea; ventas, compras, inventarios, departamentos, etc. por lo que es más fácil para los usuarios finales obtener la información de manera precisa y fácil.

Las matemáticas en el área de “Data Warehouse” toman un valor muy importante. Esta área de estudio es precisa, lógica y exacta, por lo que al mantener una buena administración, los resultados que se obtendrán serán mayormente confiables.

En el marketing se manejan principalmente números; puede ser conforme a ventas, a compras, inventarios, porcentajes, etc.

Es aquí donde el uso de matemáticas aplicadas permitirá hacer los cálculos reales y exactos que se requieren, para esto, es necesario no solo contar con los datos, sino, también, contar con un administrador de sistemas de “Data Warehouse”, además de matemáticos en el área.

Un ejemplo que podemos obtener es: porcentaje de incremento de precios en productos específicos entre el año 2000 y 2010.

(Recordar que el almacenamiento de datos no contempla tiempo límite, por lo que se pueden tener datos registrados incluso desde el inicio de la empresa, y esto sin importar el tiempo que tiene de existencia la misma.)

Según datos de Inegi, en el año 2000 se han producido 25 822 kilos de oro en México, siendo el precio por kilo de \$499,852.59 pesos, y en el 2010 se han producido 72 596 kilos de oro, con un precio de \$499,861.17, obteniendo un ligero porcentaje de aumento de 0.0017164765968919%

2000	25 822	2 199 372
2001	22 865	1 860 432
2002	20 820	2 011 988
2003	20 277	2 568 360
2004	21 818	3 230 680
2005	26 782	4 191 692
2006	35 899	7 628 189
2007	39 355	9 622 241
2008	50 365	15 698 429
2009	51 393	21 712 206
2010	72 596	36 287 922

Para poder obtener dicha información, estos metadatos deben de encontrarse en modo “Data Marts”, ya que se deben de encontrar filtrados y agrupados de manera correcta para su uso y visualización.

Resultados y Discusión.

Al hacer uso de “Data Warehouse” en marketing, en conjunto con las matemáticas, se logrará obtener resoluciones un poco más simples, pues esto nos permite mostrar valores de ganancias y pérdidas durante años, mejorando así las estrategias de las empresas y por ende generando mayor ganancia.

Algunos posibles cálculos que puede generarnos las matemáticas con datos obtenidos de un “Data WareHouse” son:

- *Incremento en costos
- *Incremento en ventas
- *Inventarios
- *Perdidas
- *Producto específico vendido en periodos de tiempo
- *Reducción o aumento de costos, etc.

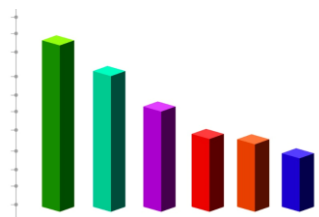


Figura 3. Evolución en comportamiento de costos, imagen representativa tomada de <https://mexico.unir.net/comunicacion-mercadotecnia/noticias/graficos-estadisticos/>

Una de las ramas fuertes de los sistemas de “Data Warehouse” o almacén de datos, es su fuerte lazo con la estadística aplicada.

Según Kendall y Auckland (citados por Gini V. Glas / Julian C. Stanley, 1980), definen la estadística como un valor resumido, calculado, como base en una muestra de observaciones que generalmente, aunque no por necesidad, se considera como una estimación de parámetro de determinada población; es decir, una función de valores de muestra.

"La estadística es una técnica especial apta para el estudio cuantitativo de los fenómenos de masa o colectivo, cuya mediación requiere una masa de observaciones de otros fenómenos más simples llamados individuales o particulares" (Gini, 1953) .

El marketing de juguetes en las vías de comunicación (televisión, radio, redes sociales) aumenta en el mes de noviembre para que los niños puedan decidir que desean que se les compre en fiestas decembrinas, pero, porque no se difunden todos los tipos de juguetes?, esto a causa de que, por medio de los métodos estadísticos se ha logrado determinar cuáles marcas, modelos, precios, función, material, etc. son los más adquiridos por niños y adultos en estas fechas.

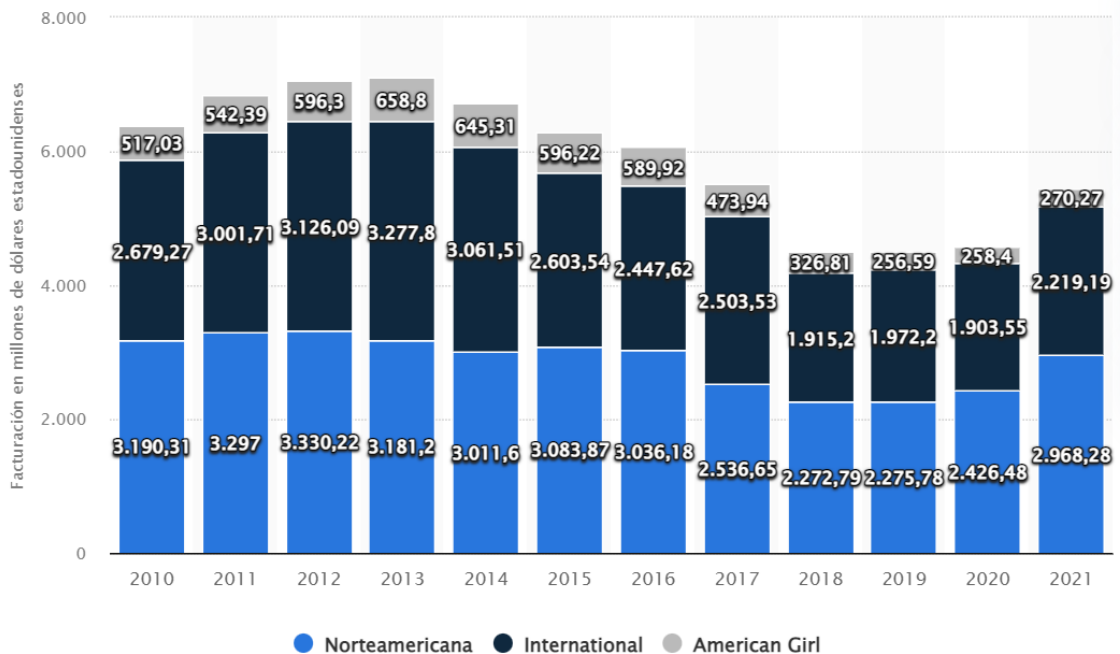


Figura 4. Facturación anual de la empresa estadounidense Mattel entre 2010 y 2021, por segmento. Imagen representativa tomada de <https://es.statista.com/estadisticas/549166/cifra-de-negocios-de-la-empresa-mattel-por-sector/>

Conclusiones.

Un “Data Warehouse” es un sistema elaborado por medio de conjuntos de bases de datos, la cual nos permite obtener información limpia y procesada para su correcta manipulación y entendimiento al usuario final.

Por medio de herramientas matemáticas y de estadística es que estos datos almacenados, nos han permitido obtener resultados favorables y lucrativos para las empresas en el área de marketing. Y a pesar de que no es una herramienta abierta al público, es fácil poder darnos cuenta cuando esta es usada en la vida cotidiana.

Las empresas conforme crecen, son obligadas a hacer uso de un sistema de “Data Warehouse”, esto con el fin de lograr obtener datos de sus productos, compras, clientes, y todo lo relacionado a sus ventas, obteniendo conocimiento de las necesidades de los clientes, y así, ofertar sus productos en los diferentes canales de difusión que existen en el mercado, obteniendo como resultado mayores ventas, expansión en el mercado, además de proporcionar fuentes de empleo, entre otras.

Agradecimientos.

Se extiende un agradecimiento al TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, por permitir el uso de sus instalaciones para la elaboración de este proyecto y al CONACYT por la beca otorgada bajo el programa Maestría en Ciencias de la Ingeniería, para el desarrollo del estudio de posgrado.

Referencias

- Cortés, J. (2017). Estadística y probabilidad. Fundación Universitaria del Área Andina. Obtenido de <https://sites.google.com/site/smec5b/>
- Estadísticas históricas de México 2014, obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/HyM2014/10.%20Mineria.pdf
- Statista. (2021, 28 septiembre). México: valor de producción de plata por mes 2019-2021. <https://es.statista.com/estadisticas/598122/valor-de-la-produccion-de-plata-por-mes-mexico/>
- Data Warehouse: todo lo que necesitas saber sobre almacenamiento de datos. (s. f.). <https://www.powerdata.es/data-warehouse>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE REGISTRO Y EVALUACION DE ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

I. M. Zambrano-Trujillo¹, H. J. Sosa-Martinez¹, L. Angeles-Hernández¹ y M.L. Acosta-Miranda

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla Oaxaca S/N, Yecapixtla Morelos, México- 18680254@cuautla.tecnm.mx, 18680236@cuautla.tecnm.mx, leonor.angeles@cuautla.tecnm.mx, monica.acosta@cuautla.tecnm.mx

Área de participación: APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL (ISC)

Resumen: La finalidad de este proyecto reside en apoyar a los estudiantes que realizan actividades complementarias permitiendo que realicen su registro directamente en la plataforma sin necesidad de acudir a cada departamento. El proyecto es generado ante la necesidad que presentan las áreas responsables de coordinar las actividades de créditos complementarios. Actualmente, el proceso se realiza de manera manual, generando descontrol, debido a que los estudiantes frecuentemente pierden sus documentos (constancias) y los departamentos tienen que generar otra. Esto genera problemas administrativos como: listas de espera largas y retrasos en la entrega de las constancias de cumplimiento de dicha actividad.

Por esta razón, se implementó un sistema automatizado para el registro de actividades complementarias, que permite su monitoreo constante, donde el estudiante podrá acceder a la página web y revisar cuales son las actividades complementarias autorizadas y de esta forma inscribirse a aquellas de su elección, de acuerdo a su disponibilidad de horario y sin la necesidad de acudir presencialmente al departamento respectivo. Adicionalmente, la página web facilitará la emisión de la constancia al momento de acreditar la actividad y esta podrá descargarse de la página en cualquier momento. A los administradores les facilitará su trabajo porque esta herramienta permitirá llevar un mejor registro de las actividades complementarias obteniendo, de manera digital, la relación de los talleres ofertados, la relación de estudiantes que ya liberaron los talleres y las estadísticas e información necesarias para verificar el cumplimiento de los indicadores.

Introducción.

Los procesos en las empresas han evolucionado con la aplicación de la informática, debido a que los usuarios comienzan a adoptar nuevas tecnologías en el desarrollo de los sistemas Web ya que estos sistemas generan respuestas a un número indefinido de personas y permiten obtener soluciones adecuadas a sus procesos.

El Instituto Tecnológico de Cuautla ofrece una educación integral, para lo cual realiza diversos procesos. Uno de ellos es el de actividades complementarias, con el cual pretende complementar su formación y desarrollar diversos tipos de competencias profesionales. Las actividades complementarias pueden ser: tutoría, actividades extraescolares, proyectos de investigación, proyecto integrador, participación en eventos académicos, productividad laboral, emprendimiento, fomento a la lectura, construcción de prototipos, desarrollo tecnológico, conservación al medio ambiente, participación en ediciones, fomento a la cultura, y/o aquellas otras que la institución considere. (TecNM, 2015)

Actualmente los departamentos involucrados en este proceso lo llevan a cabo de forma manual, lo que genera que el estudiante no se entere de los talleres que se están ofertando y, como consecuencia no se inscriba, lo que ocasiona que el

estudiante no cumpla con los créditos complementarios en tiempo y forma. Atendiendo lo anterior se desarrolló este proyecto, tratando de facilitar el proceso de inscripción a los estudiantes, ya que a través de la aplicación podrán enterarse de las fechas de inscripción a los talleres, que talleres se aperturan, además de que podrán descargar sus constancias de la misma aplicación cuando hayan aprobado su actividad complementaria. La aplicación generará información segura, específica, oportuna y confiable a todas las áreas involucradas, ya que les permitirá publicar los talleres que se aperturarán en el semestre, lugar donde se impartirán, docente que los impartirá, horario, etc., los estudiantes podrán realizar su inscripción sin acudir de forma presencial y contando con toda la información. También podrán generar la constancia y subirla a la aplicación para que el estudiante la descargue y tenga la evidencia de haber concluido su actividad complementaria.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para el diseño de la página Web, se realizó una investigación aplicada, en la cual se aplicaron encuestas a los estudiantes a través de un formulario en Google para posteriormente realizar el análisis de resultados, los cuales arrojaron información aceptable para la realización del sistema. El método utilizado para el desarrollo del sistema fue el ciclo de vida para el desarrollo de software, el cual consta de varias fases. Con la aplicación de esta metodología se dio paso a la búsqueda de los requerimientos de la aplicación, posteriormente se realizó el diseño y programación para después proceder con la implementación y pruebas del sistema que cuenta con una interfaz amigable para los administradores y usuarios generando información segura, específica, oportuna y confiable a las áreas involucradas.

Para la implementación de la aplicación Web, se utilizaron varias tecnologías, algunas de ellas se muestran a continuación:

TECNOLOGÍAS	
PHP	AJAX
JavaScript	jQuery
JSON	XAMPP
HTML	MySQL
CCS	

Resultados

A continuación se muestran algunas figuras del resultado obtenido con la realización del proyecto “Sistema de Integración Complementaria”, el cual cuenta con los logotipos del Tecnológico Nacional de México y del Instituto Tecnológico de Cuautla,

en la parte superior izquierda y, en la parte superior derecha, se encuentra el botón de Inicio de Sesión.



Figura 1.- Inicio de sesión.

Al pulsar el botón de inicio, muestra el login, el cual dará acceso a la plataforma. Solo se necesita contar con el correo del usuario y la contraseña.



Figura 2.- Inicio de sesión.

Una vez iniciada la sesión, el sistema lleva a la ventana de bienvenida al usuario correspondiente, ya sea administrador o estudiante, mostrando el menú o header, que es la parte del encabezado con los apartados que cuenta el sistema.



Figura 3.- Bienvenido Administrador.

En la parte de información escolar, se mostrarán los datos del estudiante como lo son el nombre, número de control, carrera, y el semestre en el que se encuentra inscrito.



Figura 4.- Información Escolar.

En el historial de actividades, se mostrará el progreso de cada estudiante en las actividades complementarias elegidas, posteriormente el administrador podrá editar el estatus en el que se encuentra (Botón amarillo).



Figura 5.- Historial de actividades.

El apartado de actividades complementarias presenta tres secciones: la primera muestra al estudiante las actividades complementarias que están disponibles y permite seleccionar aquellas en las que desee participar.



Figura 6.- Actividades Complementarias.

El administrador podrá dar de alta y baja las actividades que el estudiante puede visualizar. También podrá agregar más actividades, presionando el botón verde “agregar”.

Opciones	Tipo de Actividad	Nombre	Descripción	Grupo	Turno	Estado
<input checked="" type="checkbox"/>	ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	TALLER DEPORTIVO	CLUB DE AJEDREZ (NO PRINCIPIANTES)	1	MATUTINO	Desactivado
<input type="checkbox"/>	ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	TALLER DEPORTIVO	CLUB DE AJEDREZ (NO PRINCIPIANTES)	1	VESPERTINO	Activado
<input type="checkbox"/>	ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	TALLER DEPORTIVO	BASQUETBOL	1	MATUTINO	Activado
<input type="checkbox"/>	ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	TALLER CULTURAL	ELABORACIÓN Y RESTAURACIÓN DE UTILERIA	1	VESPERTINO	Activado

Figura 7.- Agregar actividades complementarias.

La parte de selección de talleres muestra de igual manera una tabla donde, al pulsar el botón de seleccionar, se elige el taller que el estudiante desea cursar.

TIPO DE ACTIVIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	GRUPO	TURNO	ESTADO
ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	CLUB DE AJEDREZ (NO PRINCIPIANTES)	TALLER DEPORTIVO	1	MATUTINO	SELECCIONAR
ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	CLUB DE AJEDREZ (NO PRINCIPIANTES)	TALLER DEPORTIVO	1	VESPERTINO	SELECCIONAR
ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	BASQUETBOL	TALLER DEPORTIVO	1	MATUTINO	SELECCIONAR
ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	ELABORACIÓN Y RESTAURACIÓN DE UTILERIA	TALLER CULTURAL	1	VESPERTINO	SELECCIONAR
ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	VOLEIBOL	TALLER DEPORTIVO	1	MATUTINO	SELECCIONAR
ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR	VOLEIBOL	TALLER DEPORTIVO	1	VESPERTINO	SELECCIONAR

Figura 8.- Selección de talleres.

En el apartado de créditos complementarios se podrá visualizar la constancia de acreditación una vez concluida la actividad y avalada por el responsable de la misma.

Figura 9.- Constancia.

Discusión.

Las aplicaciones Web son importantes y útiles, debido a que permiten agilizar procesos ya que automatizan, procesan, convierten y manipulan información de acuerdo a nuestras necesidades, generando una ventaja competitiva con respecto a la gestión de los sistemas tradicionales, donde estos procesos son más lentos y

presentan más probabilidad de llevar a errores. De ahí la importancia del uso de la tecnología para la creación de agilizar y garantizar los procesos en donde interviene el ser humano.

Conclusiones.

El proyecto brinda una sólida página Web, que permite gestionar el registro de las actividades complementarias que se procesan en los departamentos de una forma más ágil, tanto para los administradores como para los estudiantes del Instituto Tecnológico de Cuautla, ya que permitirá realizar las actividades y tramites necesarios relacionados con esta actividad de una forma, más eficaz, confiable y oportuna evitando retrasos en la información al mismo tiempo que la coloca al alcance de todos aquellos involucrados en el proceso.

Referencias

- Arias, M. A. (24 de 02 de 2017). *Aprende Programación Web con PHP y MySQL: 2a Edición*. Obtenido de <https://www.amazon.com.mx/Aprende-Programaci%C3%B3n-Web-PHP-MySQL/dp/1544106009>
- Armetrics. (2022). *Qué es JavaScript*. Obtenido de <https://www.armetrics.com/glosario-digital/javascript>
- Batai. (1994). *Normalización*.
- Bou, R. C. (2019). *Usando XAMPP con Bootstrap y WordPress*.
- Cedillo, W. (1993). *Programación en Lenguajes Estructurados*.
- Cordero, G. y. (2001). *Diseño de Páginas Web*.
- Durango, A. (13 de 07 de 2015). *Diseño Web con CSS: 2a Edición*. Mexico: Createspace Independent Publishing Platform; Edición 2.
- Flanagan, D. (2002). *La guía definitiva*.
- García, J. A. (2016). *HTML5, CSS3 y JQuery Curso Práctico*. RA-MA.
- Gil. (2001). *Identidad y Nuevas Tecnologías*.
- Guadalupe. (2022). *Análisis y Diseño con MySQL*.
- IBM. (07 de 06 de 22). *Formato JSON (JavaScript Object Notation)*. Obtenido de <https://www.ibm.com/docs/es/baw/20.x?topic=formats-javascript-object-notation-json-format>
- Ildefonso. (2007). *Análisis de Encuestas*.
- Luis Alberto Casillas Santillán, M. G. (2015). *Bases de datos en MySQL*.
- McLeod. (2000). *Sistema de Información General*.
- MDN. (5 de 12 de 2022). *Conceptos básicos de HTML*. Obtenido de https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics
- Montilva, J. (1999). *Metodología para Sistemas de Información*.
- Mora-Castillo, J. A. (2015). *Serialización/deserialización de objetos y transmisión de datos con JSON: una revisión de la literatura*.
- Osorio. (2008). *Normalización base de datos*.
- Senn, J. (1999). *Análisis y Diseño de Sistemas de Información*.
- TecNM. (2015). *Manul de lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México*. Mexico: Derechos Reservados.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

ANÁLISIS DE LA AGRUPACIÓN AUTOMÁTICA DE CONTENIDO DE UNA MICROEMPRESA DE FOTOGRAFÍA EN INSTAGRAM MEDIANTE EL USO DE GOOGLE INCEPTION V3 Y SU IMPACTO EN EL ENGAGEMENT DEL CONTENIDO

S. G. Puebla-Serrano¹, A. Gonzales-Lorence² y A. Galván-Espinoza¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N Juan Morales, Cuautla, Morelos - m20680010@cuautla.tecnm.mx, guillermo.puebla@cuautla.tecnm.mx, ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan Del Río, Av. Tecnológico 2, Quintas de Guadalupe, San Juan del Río, Querétaro. – armida.gl@sjuanrio.tecnm.mx

Área de participación: CIENCIA DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES (ISC)

Resumen: En este artículo se presenta un estudio sobre la agrupación automática de fotografías en Instagram utilizando el modelo de entrenamiento de Google Inception v3 y su posible correlación con el engagement del contenido de una microempresa de fotografía.

Se recolectaron todas las fotografías publicadas por la empresa a lo largo del año 2022 y se aplicó el modelo de entrenamiento conocido Inception v3 haciendo uso a través el software Orange, de la distribución anaconda, para agruparlas automáticamente en diferentes categorías. Luego, se analizó la relación entre las categorías obtenidas y el engagement del contenido, medido a través del número de reacciones y comentarios.

Esto con el fin de demostrar si existe una correlación significativa entre ciertas categorías de fotografías (Composición, estilo y enfoque de la fotografía) y el engagement del contenido, lo que sugiere que la agrupación automática puede ser una herramienta útil para mejorar la estrategia de contenido en internet que ayude a mejorar su posicionamiento. Se discuten las implicaciones prácticas y teóricas de los hallazgos y se sugieren futuras líneas de investigación.

Palabras clave: Inception v3, Redes sociales, Instagram, Engagement del contenido, Aprendizaje automático, Análisis de datos, Toma de decisiones, Estrategia de contenido

Introducción.

La creación de contenido para redes sociales se ha convertido en una tarea fundamental para las empresas y organizaciones que buscan aumentar su presencia y posicionamiento en línea. Sin embargo, la generación de contenido efectivo a la par que relevante puede ser un desafío, especialmente en un entorno tan saturado como el de las redes sociales. En este sentido, los modelos de entrenamiento y aprendizaje de máquinas pueden ser de gran ayuda para la toma de decisiones en la creación de su contenido.

El surgimiento de tecnologías de almacenamiento y procesamiento de datos (Big data) ha permitido desglosar nuevos campos de estudios e incluso nuevos mercados, donde el principal activo son los datos. La capitalización de la información ha generado una nueva economía a escala global, donde el activo más valioso son los usuarios y conocer su patrón de consumo.

La empresa multinacional estadounidense detrás de Google (Alphabet) reporta ingresos de 74,900 millones de dólares en el primer trimestre del año 2021 convirtiendo a Google en la empresa que más ingresos genera a través de anuncios en internet además de los beneficios compuestos por los servicios del cómputo en

la nube y publicidad en YouTube, siendo una de las múltiples empresas con mayor facturaciones tienen junto con las empresas multimillonarias detrás de las redes sociales más populares (Reuters, 2022).

Dentro de los retos que puede tener una página web, se encuentra el posicionamiento de la misma. Ya que según estudios el patrón de comportamiento de usuarios de Google, la mayor cantidad de visitas que son visualizadas pertenecen a las primeras tres opciones de búsqueda, por lo que raramente se visualizan las últimas opciones de búsqueda (MIT Technology Review, 2017).

En resumen, los modelos de entrenamiento y aprendizaje de máquinas pueden ser de gran ayuda para la creación de contenido en redes sociales y mejorar su posicionamiento. En particular, la agrupación automática de contenido utilizando técnicas de aprendizaje automático como el modelo de Google Inception v3 puede ser una herramienta útil para mejorar la estrategia de contenido y el engagement en redes sociales que puede ser una herramienta útil para mejorar la estrategia de contenido en redes sociales.

Esta técnica permite clasificar automáticamente imágenes y agruparlas por similitudes entre sí, esto si se busca una correlación puede ayudar a los creadores de contenido a entender mejor las preferencias y gustos de su audiencia con el fin de mejorar su engagement, esto a través de un análisis similitudes en las categorías de fotografías obtenidas mediante la agrupación automática y su relación con las interacciones que tienen los usuarios en la plataforma.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se decidió utilizar esta red neuronal es conocida por su gran efectividad en la clasificación de imágenes y su capacidad para reconocer características específicas de las mismas. Utiliza una arquitectura compleja y altamente optimizada que permite clasificar imágenes con alta precisión en una amplia variedad de tareas, como la identificación de objetos y la detección de rostros.

La arquitectura de Inception v3 se caracteriza por utilizar múltiples filtros de diferentes tamaños en cada capa, lo que le permite aprender características más complejas y abstractas en las imágenes. Además, utiliza técnicas de regularización para prevenir el sobreajuste y mejorar la generalización del modelo.

Inception v3 ha sido ampliamente utilizado en aplicaciones de visión artificial, como la clasificación de imágenes médicas, la identificación de objetos en tiempo real y la clasificación de imágenes en redes sociales. Además, el modelo ha sido pre entrenado en una gran base de datos de imágenes denominada ImageNet, lo que permite a los usuarios transferir el conocimiento aprendido en una tarea de clasificación de imágenes a otras tareas específicas con menor cantidad de datos de entrenamiento. (Google, 2023)

Recolectar todas las publicaciones realizadas por la microempresa de fotografía en

Instagram durante el año 2022, incluyendo la cantidad de reacciones y comentarios que cada publicación recibió. Esta información se utilizó para generar una base de datos en formato con valores separados por comas (CSV).

Utilizar la distribución Anaconda para acceder a la herramienta de análisis de datos Orange.

Para clasificar las imágenes según su similitud, utilizamos el software Orange, que nos permitió realizar una serie de procesos para obtener resultados precisos y útiles.

El procedimiento se realizó de la siguiente manera (ver figura 1):

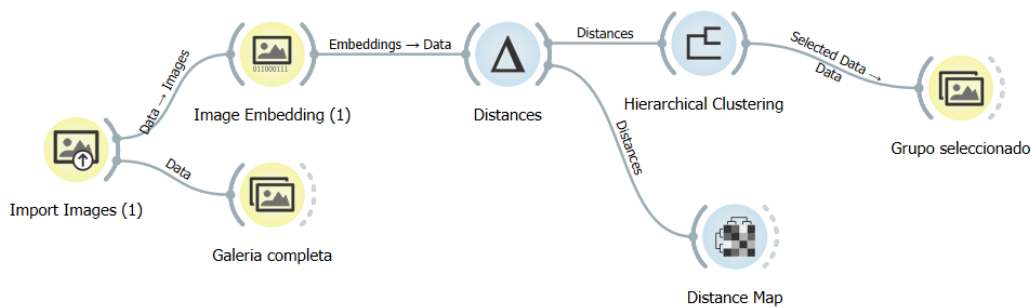


Figura 1. Proceso de análisis modelado en Orange.

1. Seleccionamos y cargamos la carpeta donde se encuentran las fotografías que deseamos clasificar. En este estudio, consideramos un total de 57 imágenes.
2. Conectamos las imágenes cargadas a un nodo llamado "Image Embedding". Este nodo procesa las imágenes según el algoritmo que seleccionamos, y en este caso, utilizamos Inception v3 por su efectividad al clasificar imágenes.
3. A este proceso, le conectamos otro nodo conocido como "Distances", que clasifica las filas de los atributos de las imágenes en una métrica euclidiana normalizada.
4. En este punto, se segmenta el proceso en dos:
 - Crear una matriz "Distance Map" para visualizar el proceso en general. (figura 2)

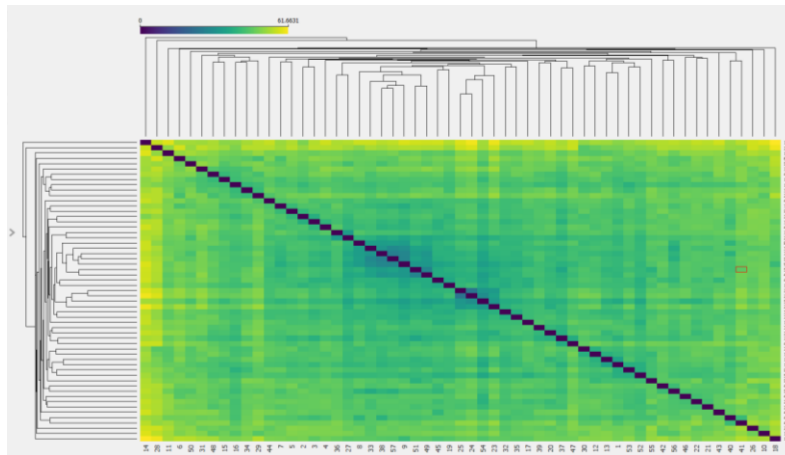


Figura 2. Matriz de Distance Map por cada fotografía.

- Proceso llamado "Hierarchical Clustering", donde se muestra la segmentación realizada. Aquí, podemos seleccionar grupos específicos y añadir un último proceso que nos enseña el grupo de imágenes que conforman ese grupo seleccionado. (figura 3)

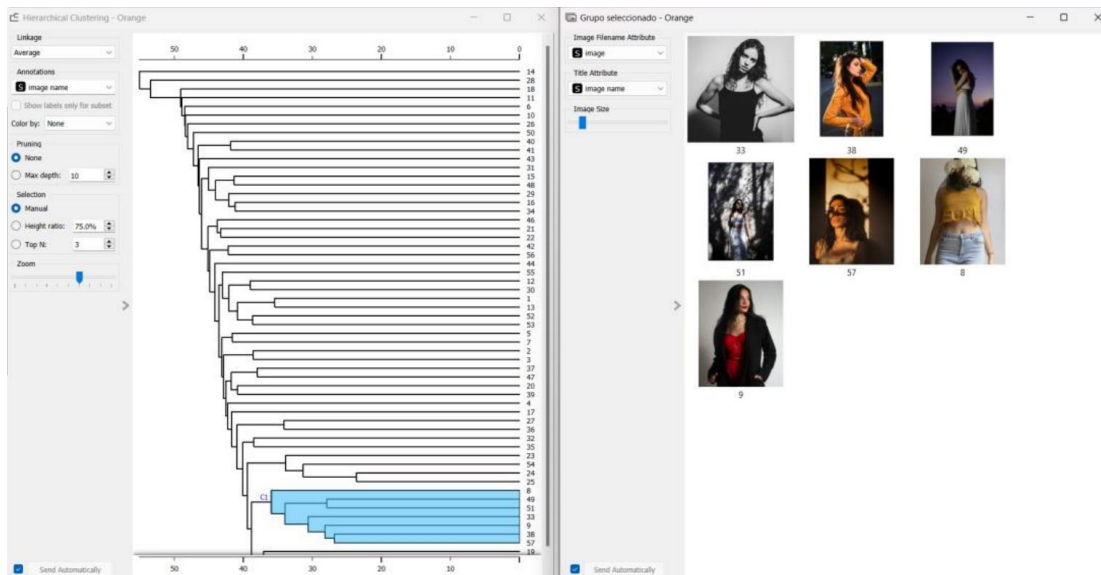


Figura 3. Selección de grupos y visualización de imagen seleccionadas.

Una vez que se obtuvieron los grupos de imágenes a través del proceso de clustering en Orange, se añadió un nuevo campo a la base de datos que correspondió al orden asignado por el modelo a cada imagen. Luego, se realizó una correlación de Pearson entre este nuevo dato y la cantidad de reacciones y comentarios que recibió cada imagen. De esta forma, se pudo determinar si el orden asignado por el modelo de clasificación de imágenes se correlacionaba con una mayor o menor interacción del público en redes sociales.

Para medir la correlación entre el orden que generó el modelo y el engagement se cargó la base de dato al software estadístico minitab y se eligió una correlación Pearson para la medición de esas dos variables (figura 4 y 5)

```

Ecuación de regresión
Tipo de fotografía
Autorretrato          engagement = 12.69 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Autorretrato-Blanco y negro engagement = 9.31 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Autorretrato-Collage  engagement = 5.79 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Collage               engagement = 4.52 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
paisajismo           engagement = 4.09 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Paisajismo           engagement = 3.72 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Paisajismo-Blanco y negro engagement = 4.42 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Reel                 engagement = 13.93 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Retrato              engagement = 4.43 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Retrato-Blanco y negro engagement = 4.46 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom
Retrato.-Blanco y negro engagement = 4.95 - 0.0120 Orden en la clasificacion autom

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs  engagement  Ajuste  Resid  Resid
    5  27.92  13.61  14.31  4.65  R
    9  21.49  12.63  8.86  2.52  R
   27  6.43  13.73  -7.30  -2.40  R
   33  4.88  4.88  0.00  *      X
   34  6.43  13.44  -7.01  -2.31  R

Residuo grande R
X poco común X
    
```

Figura 4. Primera parte del reporte de correlaciones entre engagement, el orden automático y tipo de fotografías

```

Análisis de regresión: engagement vs. Orden en la clasificacion autom, Tipo de fotografia

Método
Codificación de predictores categóricos (1, 0)

Análisis de Varianza
Fuente          GL  SC Ajust.  MC Ajust.  Valor F  Valor p
Regresión      11  719.60  65.418    4.60     0.000
Orden en la clasificacion autom  1  1.13    1.131    0.08     0.779
Tipo de fotografia  10  658.89  65.889    4.64     0.000
Error          45  639.44  14.210
Total          56  1359.04

Resumen del modelo
S  R-cuad.  R-cuad.  R-cuad.
3.76959  52.95%  (ajustado)  (pred)
          41.45%  *

Coeficientes
Término          Coef  EE del  Valor T  Valor p  VIF
Constante       12.69  1.41    8.97     0.000
Orden en la clasificacion autom -0.0120  0.0426  -0.28    0.779  1.97
Tipo de fotografia
Autorretrato-Blanco y negro -3.38  2.50    -1.35    0.183  2.01
Autorretrato-Collage -6.90  2.65    -2.61    0.012  1.83
Collage -8.17  2.25    -3.63    0.001  1.63
paisajismo -8.60  2.98    -2.88    0.006  1.21
Paisajismo -8.97  1.92    -4.67    0.000  1.78
Paisajismo-Blanco y negro -8.27  2.27    -3.64    0.001  2.49
Reel 1.25  2.66    0.47     0.641  1.41
Retrato -8.25  2.20    -3.75    0.000  2.34
Retrato-Blanco y negro -8.23  2.32    -3.54    0.001  1.73
Retrato.-Blanco y negro -7.74  4.00    -1.93    0.060  1.11
    
```

Figura 5. Segunda parte del reporte de correlaciones entre engagement, el orden automático y tipo de fotografías.

No hay una relación clara entre la agrupación automática y el éxito en el engagement de las publicaciones en Instagram. Es posible que otros factores como el contenido del texto o la hora de publicación tengan una mayor influencia en la interacción de los usuarios con las publicaciones. En general, la agrupación

automática de imágenes puede ser útil para la organización y clasificación de grandes cantidades de datos, pero no necesariamente se correlaciona directamente con el éxito en el engagement en redes sociales.

Resultados y Discusión.

Conclusión de la clasificación automática del tipo de fotografía

En definitiva, el modelo tuvo una clasificación bastante acertada en ciertos grupos de fotografías, como por ejemplo las relacionadas con paisajes y la naturaleza, mientras que en otras tuvo dificultades para distinguir entre ellas, como en el caso de fotografías en forma de collage. La agrupación automática de imágenes a través de Google Inception v3 resultó ser una herramienta útil para clasificar automáticamente un conjunto de fotografías en diferentes categorías y obtener información valiosa sobre las características visuales que tienen en común las imágenes en cada grupo.

Conclusión de la correlación

El resultado de la correlación de Pearson entre el orden en la clasificación automática de imágenes y el engagement del contenido en Instagram, arrojó un coeficiente de correlación de -0.211 y un valor p de 0.115. (Figura 6) Esto indica una correlación negativa débil entre ambas variables, lo que sugiere que el orden en la clasificación automática no está significativamente relacionado con una mayor o menor interacción del público en redes sociales.

Correlación: Orden en la clasificación autom, engagement

Correlación de Pearson de Orden en la clasificación autom y engagement = -0.211
Valor p = 0.115

Figura 6. Resultado de la correlación Pearson y valor p.

Por lo tanto, podemos concluir que la agrupación automática de imágenes mediante el modelo de entrenamiento para clasificar imágenes no es una variable lo suficientemente sólida por sí sola para tener impacto significativo en el engagement del contenido en redes sociales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos resultados son específicos para este caso en particular y podrían variar en función de otros factores como el tipo de contenido, el público objetivo, las Tendencias y la estrategia de marketing utilizada.

Al igual considerar las limitaciones de los modelos de aprendizaje automático y la necesidad de realizar una interpretación crítica de los resultados obtenidos, en el caso del marketing digital es un entorno en constante cambios guiado por tendencias y actualidad, por lo que se necesitan un constante seguimiento de las variables para tener una predicción del mercado digital más acertada

Agradecimientos.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas que me han brindado su apoyo y colaboración durante la realización de esta investigación.

En primer lugar, agradezco a la Doctora. Armida Gonzales Lorence, mi directora de tesis, por su compromiso y dedicación en todo momento, brindándome su orientación y retroalimentación constante.

Al Mtro. Silvestre Guillermo Puebla Serrano, mi asesor en Cuautla, por su guía, paciencia y observaciones, que han sido fundamentales para la realización de esta investigación.

A Isabel Taracena, por darme la confianza y permitirme colaborar junto a ella durante todo este proyecto, sin ella este trabajo no hubiera sido posible.

No puedo dejar de mencionar a mi padre, quien me ha brindado un apoyo incondicional, ha sido una gran fuente de motivación y aliento en todo momento.

Finalmente, quiero agradecer a mis compañeros de maestría, quienes han sido una parte fundamental en mi formación profesional-personal, y con quienes he compartido grandes experiencias y aprendizajes.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento por su apoyo, paciencia y colaboración durante todo este desarrollo profesional.

Referencias

- Google. (2023). Google cloud. Obtenido de Guía avanzada de Inception v3:<https://cloud.google.com/tpu/docs/inception-v3-advanced?hl=es-419>
- MIT Technology Review. (2017). Aprendizaje automático: La nueva base de prueba para la ventaja competitiva. Massachusetts-EU: MIT y Google cloud.
- Reuters. (1 de febrero de 2022). El economista. Obtenido de El economista: <https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Alphabet-obtuvo-ingresos-de-75300-millones-de-dolares-en-el-cuarto-trimestre-de-2021-supera-expectativas-20220201-0065.html>

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

APLICACIÓN MÓVIL PARA EL REGISTRO DE ASISTENCIA DE ESTUDIANTES DEL ITZacatepec MEDIANTE ANDROID STUDIO.

J. Á. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, M.H. Tiburcio-Zúñiga, S. Espinoza-Salgado.

*Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27
C.P. 62780 Zacatepec, Morelos, México
[fjesus.pr,norma.oh,mario.tz,socrates.es}@zacatepec.tecnm.mx](mailto:fjesus.pr,norma.oh,mario.tz,socrates.es@zacatepec.tecnm.mx).*

Área de participación: APLICACIONES ENTORNO WEB MÓVIL (ISC).

Resumen: En este artículo se presenta una solución tecnológica a través de una aplicación móvil *web*, para llevar el registro de asistencia mediante una huella digital a estudiantes del Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZacatepec). Por otra parte, se hace la autenticación de cada estudiante mediante su número de control (matrícula), otorgando un nuevo *token* para tener acceso al sistema del *hosting web*.

Introducción.

Esta aplicación móvil *web* se utiliza para fines escolares. Los estudiantes del ITZacatepec realizaron su registro de asistencia mediante su propia huella digital, durante los 2 años de pandemia y a la fecha se sigue utilizando. Para llevar el control de registros de altas se utiliza un servidor *hosting* gratuito que se encuentra en la nube y el manejador *MySQL* versión 7.2, también permite la escritura/lectura del dominio del *hosting* y se desarrolla una librería API para la autenticación de *hardware* y *software* sobre la huella digital del dispositivo de cada estudiante del ITZacatepec, mediante su matrícula (*Android Studio*, 2023).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La aplicación móvil *web* se desarrolla mediante la programación *visual studio* cuyo objetivo es automatizar las tareas del registro de asistencia mediante huella digital. De tal manera que la información se transporta de manera encriptada, cuando llega al servidor *hosting* gratuito. En el manejador de base de datos *MySQL* se descrypta generando *tokens* cada vez que se utiliza dicha aplicación. Ver figura No. 1 (*Android Studio*, 2023).

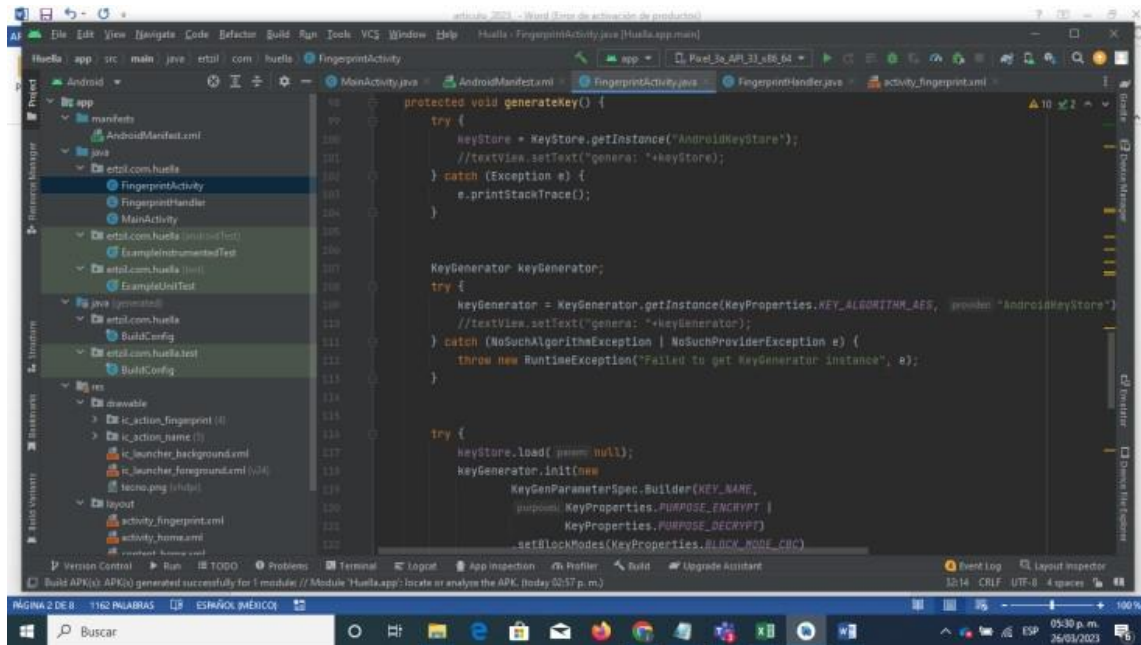


Fig. 1 Encriptación y generación de tokens.

Se genera un *apk* para cada estudiante con sus datos personales tales como su matricula, nombre de grupo y su equipo. La aplicación se instala y usa para la autenticación de estudiantes a través del sistema *hosting web* gratuito. Ver figura 2.

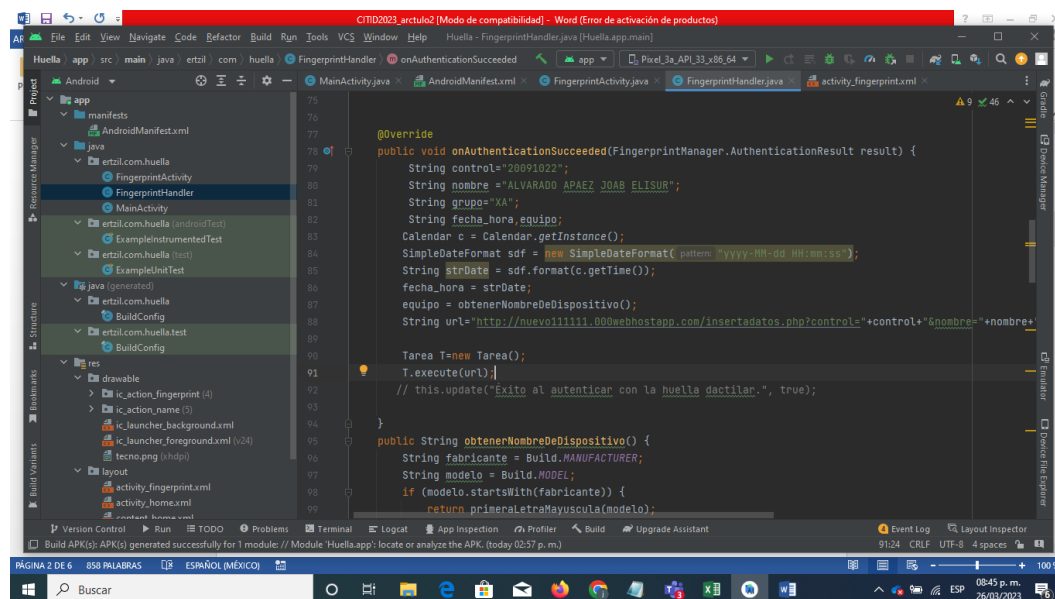


Fig. 2 Generación de un apk para cada estudiante ITZacatepec.

En seguida se desarrollan las plantillas pertinentes en *Android Studio* con los datos del estudiante para su autenticación mediante su huella digital. Ver figura 3.

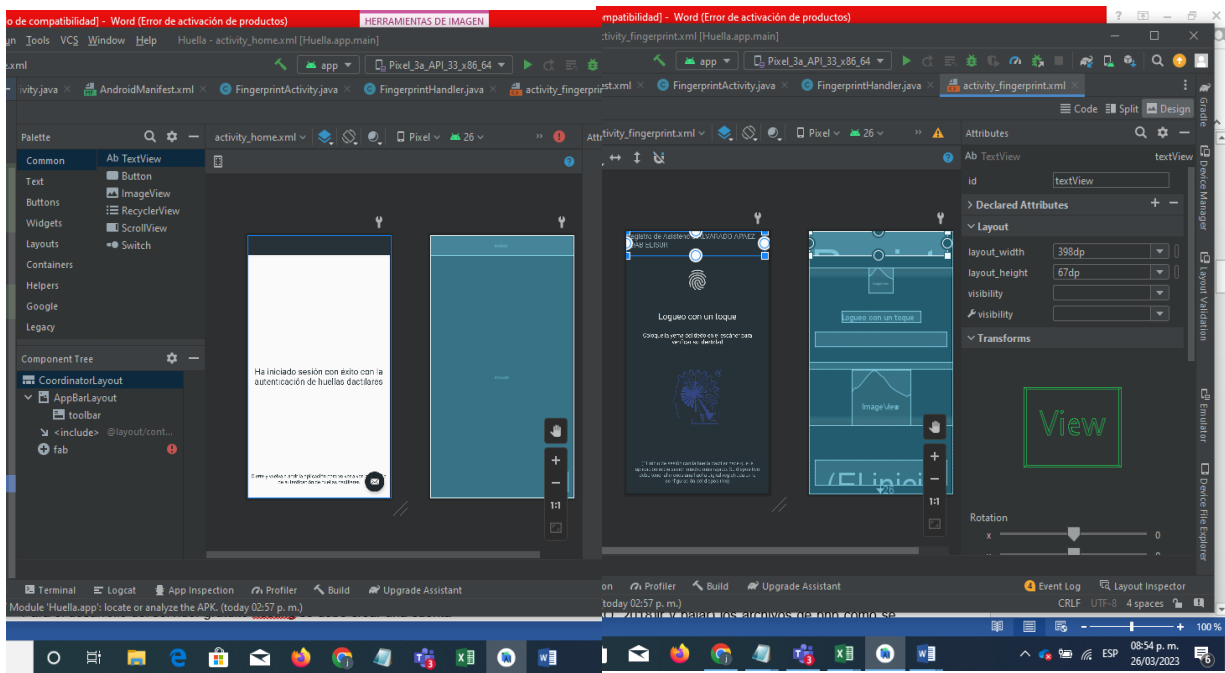


Fig. 3 Plantillas para la autenticación de cada estudiante ITZacatepec.

Resultados y Discusión.

Para el uso del servidor gratuito de *hosting*, se debe crear una cuenta, y posteriormente se debe proporcionar un dominio para hospedar (configurar, subir y bajar) los archivos (insertadatos y conecta) de *php*, utilizando una manejador de base de datos *MySQL* versión 7.2, con el nombre de la base de datos ('id20511840_baseitzjesus'), y la identificación de usuario (id20511840_alumnos1972) como se muestra en la figura 4 (Componente, 2020).

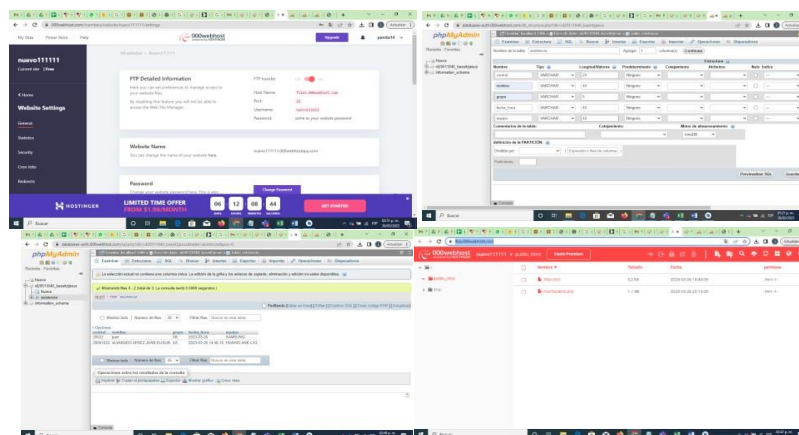


Fig.4. Servidor *Hosting* Gratuito.

El segundo servidor gratuito es el manejador de base de datos (MySQL), donde se permite administrar y configurar mediante *phpAdmin* teniendo como existencia una sola base de datos y una tabla denominada asistencia. Ver figura 5 (Componente, 2020).

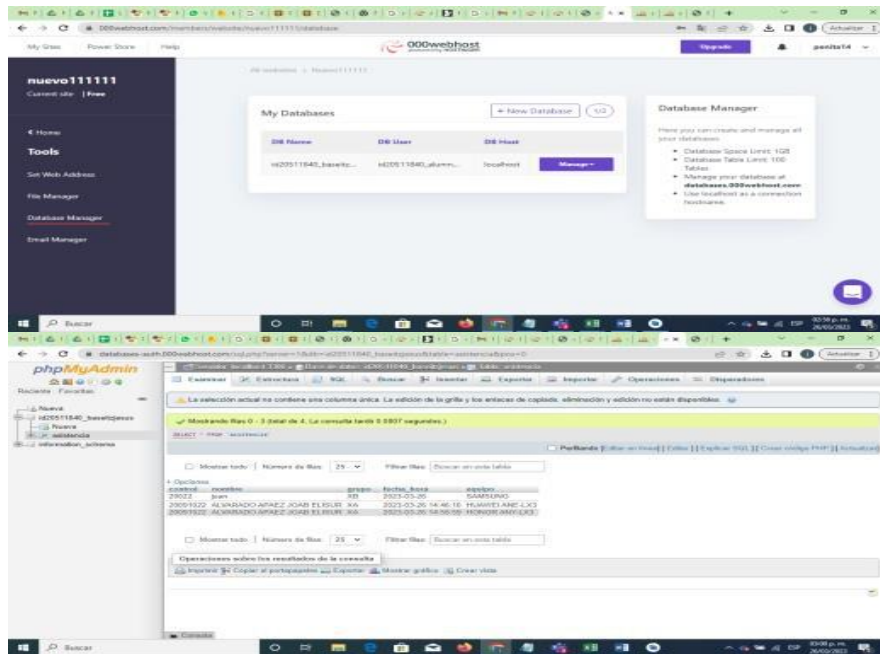


Fig. .5. Servidor MySql Gratuito.

A continuación, se presenta una aplicación móvil *web*, para su autenticación de la huella digital, se hace de manera encriptada para los estudiantes del ITZacatepec donde identifica el nombre del usuario y equipo. Ver figura 6. (Componente, 2020; Menéndez, 2015).



Fig. .6. Ejecución de la aplicación apk de una estudiante ITZacatepec.

Conclusiones.

En este artículo se mostró una aplicación móvil *web*, donde se permite acceder a los tres servidores (dominio, hospedaje de archivos en *php* y manejador *MySQL*), con esto permitiendo que estudiante del ITZacatepec registren su asistencia desde dispositivo móvil.

Trabajos futuros

La primera aplicación móvil con la que se continuará es con la captura de la foto digital, luego con el reconocimiento de voz y después con la identificación de color (ojos y huellas dactilares).

Referencias

- Acosta, E. S. (febrero de 2014). *rincon de la ciencia researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/264501836_AppInventor_Programa_cion_para_moviles_al_alcance_de_todos. Consultado en abril 2019.
- Android Studio, 2. (12 de enero de 2023). *Android Studio*. Obtenido de Andrio Studio: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>. Consultado en mayo 2019).
- componente, w. A. (enero de 2020). *App Inventor y el componente web*. Obtenido de <https://puravidaapps.com/sendmailPHP.php>. Consultado en marzo 2019.
- Componente, W. A. (enero de 2020). *App Inventor y el componente web*. Obtenido de <https://puravidaapps.com/sendmailPHP.php>. Consultado en marzo 2019.
- Facultad de Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2. (30 de abril de 2020). *Algoritmo de Encriptación para Imágenes a Color Basado en Sistemas Caóticos*. Obtenido de Encryption Algorithm for Color Images Based on Chaotic Systems: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121750X20121750X2020000200144&lang=es. Consultado en marzo 2019).
- INTEF, r. F. (abril de 2019). *Creando aplicaciones para móviles Android appinventor 2*. Obtenido de <https://intef.es/wpcontent/uploads/2019/03/MITApp-Inventor-2.pdf>. Consultado en abril 2019.
- Jorge Martinez, 2. (12 de mayo de 2016). *Desarrollo de aplaicion movil punto de Venta*. Obtenido de Desarrollo de aplaicion movil punto de Venta: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/18454/1/Dise%C3%B1o%20y%20desarrollook.pdf>. Consultado en mayo de 2018.
- Menéndez, F. A. (Abril de 2015). - *Revista de Educación Matemática*. Obtenido de [https://thales.cica.es/epsilon/sites/thales.cica.es/epsilon/files/\[field_volumenformatted\]/epsilon91_6.pdf](https://thales.cica.es/epsilon/sites/thales.cica.es/epsilon/files/[field_volumenformatted]/epsilon91_6.pdf). Consultado en abril 2019.
- Mexico, U. A. (abril de 2018). *Revista Seguridad. Revista Bimestral*. Obtenido de <https://revista.seguridad.unam.mx/numero-10/el-cifrado-web-ssltls>. Consultado en marzo 2018.
- Raúl, C. (enero de 2015). *Creative Commons Atribución 4.0 Internacional*. Obtenido de <https://codeweek.eu/docs/spain/guia-iniciacion-app-inventor.pdf>. Consultado en noviembre 2018.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

APLICACIÓN MOVIL WEB RESER-AULAS MEDIANTE *ApplInventor* 2 PARA RESERVACIONES DE AULAS DE DOCENTES DEL CONALEP MORELOS.

J. Á. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, S. Espinoza-Salgado, M.H. Tiburcio-Zúñiga.
Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27
C.P. 62780 Zacatepec, Morelos, México penita14@hotmail.com, [@zacatepec.tecnm.mx](mailto:fjesus.pr_norma.oh_socrates.es_mario.tz).

Área de participación: APLICACIONES ENTORNO WEB MÓVIL (ISC).

Resumen: En este artículo se plantea la solución tecnológica a través de una aplicación móvil web, esta aplicación incluye un módulo para realizar operaciones de administrador (altas, bajas, consultas, modificaciones y reportes) y la generación de fechas de forma automática y manual. La aplicación *web* permite a los docentes realizar reservaciones de aulas desde cualquier plantel del estado de Morelos. Permitiendo su aplicación en cuatro carreras por cada plantel. Los espacios reservados son: Redes, Auditorio, Taller Multidisciplinario, Hospitalidad, Laboratorios de Cómputo, e Idiomas, permitiendo el calendarizando de los espacios de cada lugar.

Introducción.

Esta aplicación móvil *web* se utiliza para fines académicos. El Administrador es responsable de autorizar el acceso al espacio de aula, y el docente puede reservar un espacio desde su dispositivo móvil, se utilizó un servidor hosting gratuito que se encuentra en la nube, se realiza registro de altas, bajas, modificaciones en *firebase* y *google sheets* (*firebase* consola, 2023) también permite la escritura/lectura del dominio del *hosting* (laboratoriojesus-default-rtdb.firebaseio.com, 2023) (componente, 2020).

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El módulo Administrador permite realizar operaciones tales como altas, bajas, modificaciones y consultas, se incluyó un chat para realizar su confirmación de autorización de la reservación. Existe otra manera para realizar la confirmación de autorización por parte del administrador es utilizar el chat web.whatsapp.com, que se anexo como extensión dentro de la misma aplicación móvil, se asignó una matrícula por cada docente iniciando 53403600 y terminado con 534036137 para su autenticación, como se muestra en la Figura 1.

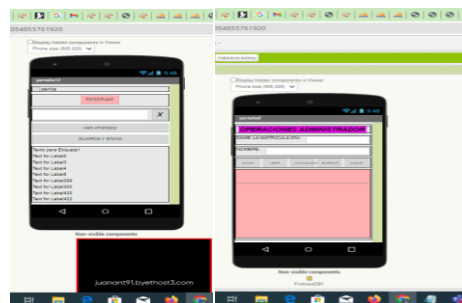


Fig. 1. Chat para la confirmación de autorización y extensión de *web.whatsapp*.

A continuación, en la Figura 2, se presenta el diseño de la aplicación móvil *web Appinventor 2* (docentes) para la reservación de aulas (Auditorio, Redes, Computación Aula1, Computación Aula2, Cocina1, Cocina2, Taller Multidisciplinario, Hospitalidad) en Conalep de Temixco Morelos, para cada lugar se puede hacer la reservación en horarios diferentes abarcando las 4 carreras (Informática, Hospitalidad, Contabilidad, Alimentos y Bebidas), el docente puede visualizar las reservaciones mediante un calendario. Ver Figura 3.

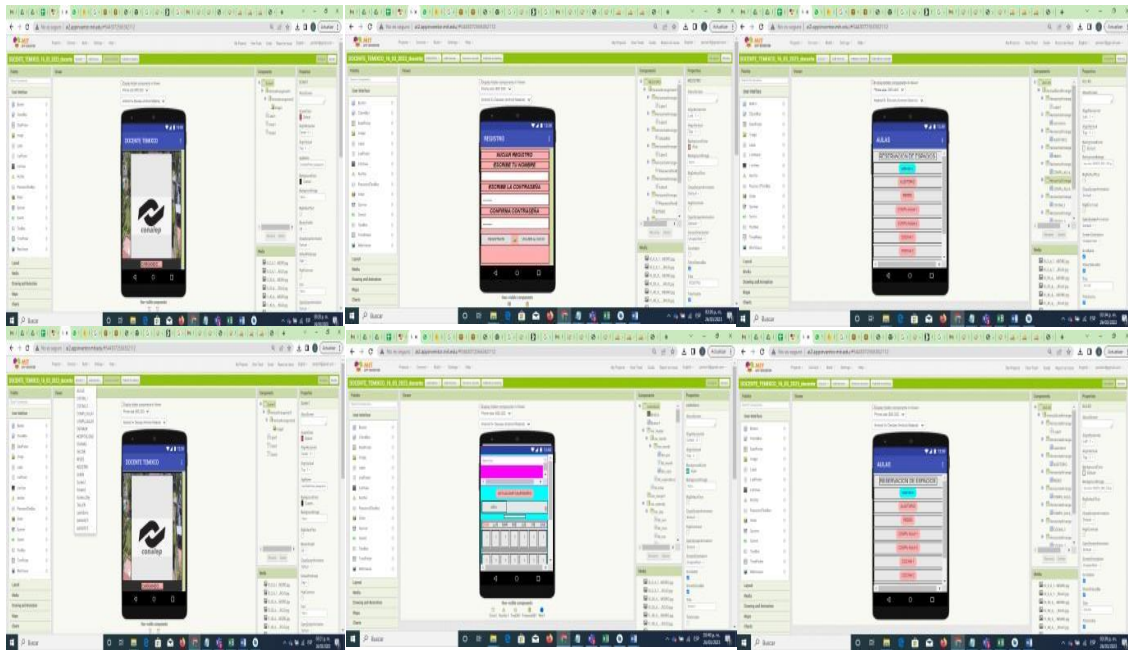


Fig. 2. Diseño y Maquetación reservación de aulas *Appinventor*.

Resultados y Discusión.

El segundo servidor gratuito es el manejador de base de datos (*Firestore*), donde la base de datos se administra y configura mediante *phpAdmin* teniendo una sola tabla denominada asistencia. Ver Figura 3 (Componente, 2020).

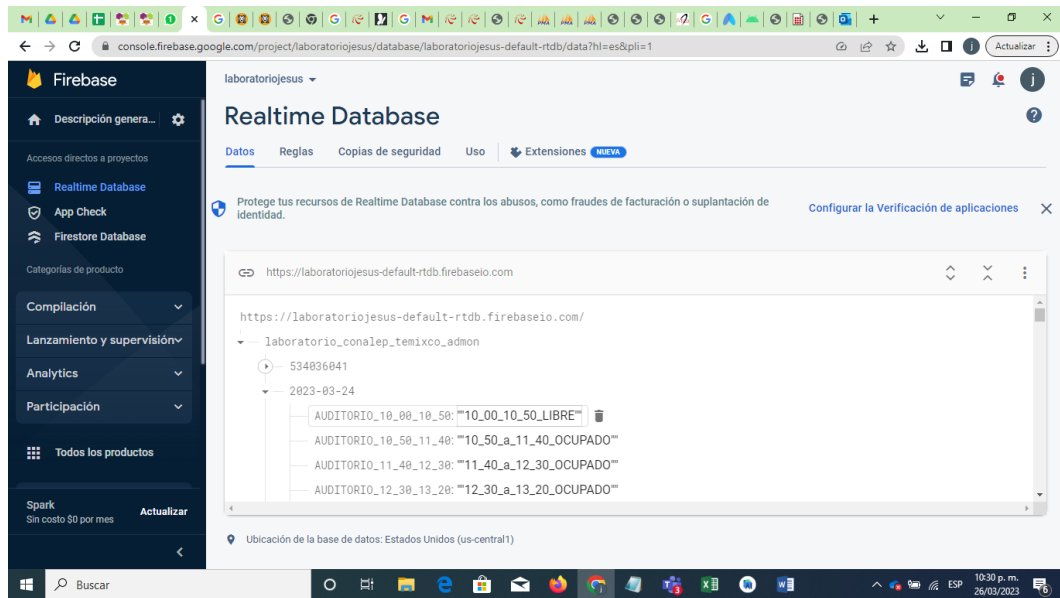


Fig. .3. Servidor *Fifebase* Gratuito.

La confirmación de la autorización es mediante el chat entre el administrador y docente ver Figura 4.

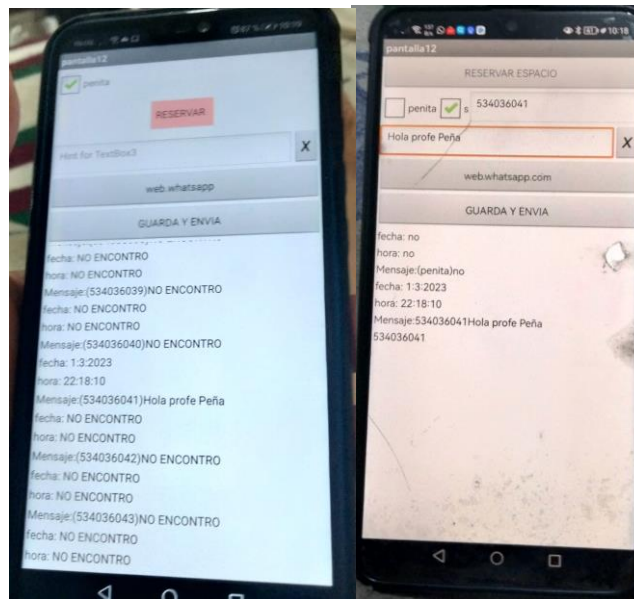


Fig. 4. Chat entre Administrador y Docente.

A continuación se presenta la aplicación móvil web *Appinventor 2* (Docentes) para la reservación de aulas (Auditorio, Redes, Computación Aula1,computación Aula2,Cocina1,Cocina2, Taller Multidisciplinario, hospitalidad) en Conalep de Temixco Morelos, dichas reservaciones se envían con *google sheets* y *firebase*, verificando si ya está ocupada el aula, para que posteriormente el responsable

agregue un comentario de autorización, y el Docente proceda a ocupar dicha Aula en su lugar correspondiente. El responsable hace uso de la nube (*google sheets* y *firebase*) para presentar una calendarización de cada reservación ver Figuras 5 y 6 (Facultad de Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas).

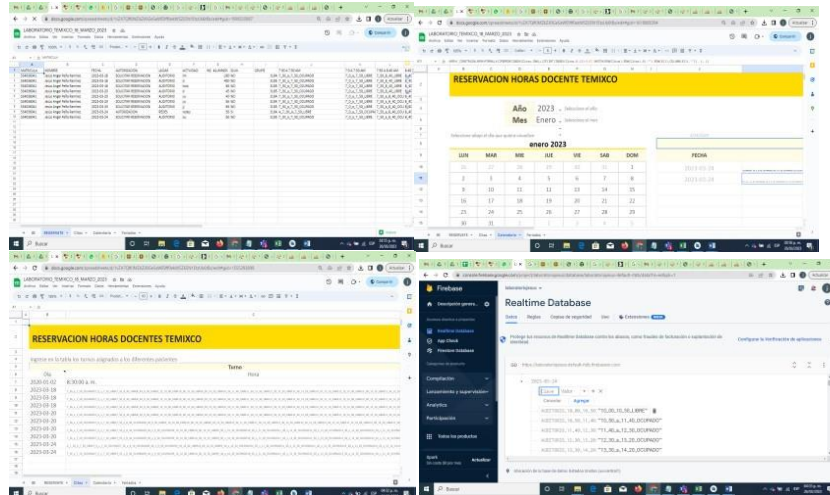


Fig. 5 Google Sheets y consola Firebase reservaciones reser-aulas.

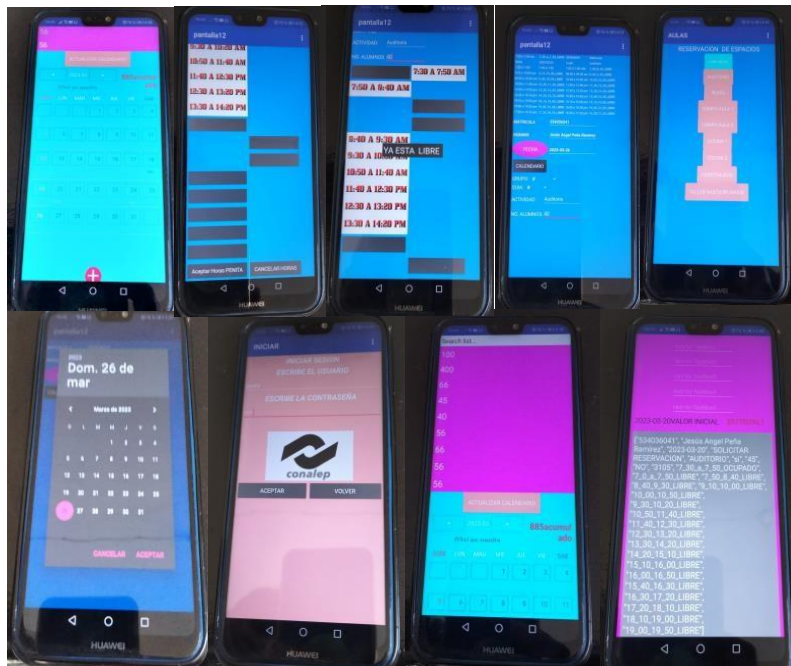


Fig. 6 Google Sheets y consola Firebase reservaciones reser-aulas.

Conclusiones.

En este artículo se muestra una aplicación móvil web, que utiliza *Google Sheets* y *Firebase* para la reservación de aulas (Auditorio, Redes, Computación Aula1, Computación Aula2, Cocina1, Cocina2, Taller Multidisciplinario, Hospitalidad), de tal

manera que logra automatizar las tareas del docente y las responsables del centro de cómputo.

Se les permite a los docentes realizar reservaciones de aulas desde dispositivo *android*, esperando respuesta del administrador la autorización, para hacer uso de los espacios.

Trabajos futuros

En un futuro cercano se desea integrar a esta aplicación el reconocimiento de voz sin necesidad de oprimir ninguna tecla, así como también realizar una sincronización de chats entre el docente y la ampliación móvil.

Referencias

- Acosta, E. S. (febrero de 2014). *rincon de la ciencia researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/264501836_AppInventor_Programa_cion_para_moviles_al_alcance_de_todos. Consultado en abril 2019.
- Android Studio, 2. (12 de enero de 2023). *Android Studio*. Obtenido de Andrio Studio: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>. Consultado en mayo 2019).
- Componente, W. A. (enero de 2020). *App Inventor y el componente web*. Obtenido de <https://puravidaapps.com/sendmailPHP.php>. Consultado en marzo 2019.
- Componente, W. A. (enero de 2020). *App Inventor y el componente web*. Obtenido de <https://puravidaapps.com/sendmailPHP.php>. Consultado en marzo 2019.
- Facultad de Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2. (30 de abril de 2020). *Algoritmo de Encriptación para Imágenes a Color Basado en Sistemas Caóticos*. Obtenido de Encryption Algorithm for Color Images Based on Chaotic Systems: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121750X20S0121750X202000200144&lang=es. Consultado en marzo 2019).
- INTEF, r. F. (abril de 2019). *Creando aplicaciones para móviles Android appinventor 2*. Obtenido de <https://intef.es/wpcontent/uploads/2019/03/MITApp-Inventor-2.pdf>. Consultado en abril 2019.
- Jorge Martinez, 2. (12 de mayo de 2016). *Desarrollo de aplaicion movil punto de Venta*. Obtenido de Desarrollo de aplaicion movil punto de Venta: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/18454/1/Dise%C3%B1o%20y%20desarrollook.pdf>. Consultada en mayo de 2018.
- Menéndez, F. A. (Abril de 2015). - *Revista de Educación Matemática*. Obtenido de [https://thales.cica.es/epsilon/sites/thales.cica.es/epsilon/files/\[field_volumenformatted\]/epsilon91_6.pdf](https://thales.cica.es/epsilon/sites/thales.cica.es/epsilon/files/[field_volumenformatted]/epsilon91_6.pdf). Consultado en abril 2019.
- Mexico, U. A. (abril de 2018). *Revista Seguridad. Revista Bimestral*. Obtenido de <https://revista.seguridad.unam.mx/numero-10/el-cifrado-web-sslts>. Consultado en marzo 2018.
- Raúl, C. (enero de 2015). *Creative Commons Atribución 4.0 Internacional*. Obtenido de <https://codeweek.eu/docs/spain/guia-iniciacion-app-inventor.pdf>. Consultado en noviembre 2018.

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN EL DESARROLLO SOCIAL DE LOS PAÍSES EN LATINOAMÉRICA.

D M. Díaz-Duarte

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, , Calzada Tecnológico
No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- duchisse@hotmail.com

Área de participación: CIENCIA DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES (ISC)

Resumen: En este artículo se pretende realizar un análisis generalizado, la influencia que puede llegar a tener la ciencia en el desarrollo en Latinoamérica, las problemáticas a las que se enfrentan en materia de educación, economía, delincuencia, los beneficios con los que cuentan, las políticas públicas que pueden estar implementando para su desarrollo, su situación geográfica que muchas veces puede ser de gran beneficio económico por sus recursos naturales, en contraste con algunos países avanzados con los que contraen acuerdos de intercambios educativos y comerciales principalmente.

Palabras clave: Innovación, tecnología, desarrollo, sociedad, economía, sustentabilidad, educación, evolución.

Introducción.

Los países de Latinoamérica y la disparidad que puede existir entre ellos en materia de desarrollo social es notoria, pues en algunos de ellos podemos observar que salen a flote en su economía, muchas veces gracias a su localización geográfica aprovechando las riquezas patrimoniales, y en las áreas naturales con una localización privilegiada, la cual además de ser un atractivo turístico, es también la belleza natural lo que le gusta al turista: sobre todo en sus costas, playas, flora y fauna endémica, como lo ha demostrado en los últimos años Costa Rica quien ha logrado un despunte (EP/PI,2022) como se señala en el artículo de la organización mundial del Turismo:

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

“Durante décadas, el turismo ha experimentado un continuo crecimiento y una profunda diversificación, hasta convertirse en uno de los sectores económicos que crecen con mayor rapidez en el mundo. El turismo mundial guarda una estrecha relación con el desarrollo y se inscriben en él, un número creciente de nuevos destinos. Esta dinámica ha convertido al turismo en un motor clave del progreso socioeconómico”. (OMT.2018).

No obstante, el turismo como generador de recreación al mismo tiempo impulsor de la economía propicia la resolución de problemáticas derivadas de esta actividad como lo es la contaminación, sobre todo la gran contaminación en las aguas marítimas, ríos y lagos, existe una red de investigadores (REMARCO) que promueve la investigación sobre la contaminación de los micro plásticos en el mar “estas micropartículas se están incorporando en los diversos niveles de la cadena alimentaria como el plancton, los mariscos, los peces, las tortugas, las ballenas
o

las aves marinas y playeras. Esto supone impactos ecológicos, sanitarios y socioeconómicos”. (Garcés-Ordóñez, 2020)

La evolución de la sociedad en gran manera contribuye a formular cuestionamientos trascendentales, donde la ciencia desarrolla investigación que permite innovar en diferentes áreas de estudio tales como la educación, donde se forman nuevas generaciones que también buscan un progreso en el desarrollo laboral.

Posteriormente la búsqueda en el desarrollo en las áreas de especialización, en distintas esferas, también con la finalidad de mejorar la economía, la calidad de vida de una sociedad que crece paralelamente al desarrollo; después vienen las innovaciones tecnológicas en los avances científicos buscando mejores procesos industriales que sean más productivos y menos contaminantes obligando a tener una mejor gestión de los recursos y su reutilización, entre ellas diversas áreas de la medicina donde la ciencia juega un rol importante.

Durante el primer seminario regional de desarrollo social, celebrado en octubre del año 2021 en Chile. “Educación en América Latina y el Caribe” se abordaron los temas de crisis durante la pandemia, además analizaron la oportunidad de buscar una reestructuración en la forma de impartir la enseñanza mediante estrategias de innovación y tecnologías educativas en plataformas más visuales donde la ciencia aseguraba hace algunos años intervenir para el mejoramiento de estos nuevos procesos educativos.

Para comprender acerca del desarrollo social, es necesario considerar como lo aprendimos. Es decir, tenemos que tomar en cuenta las diversas influencias, además del impulso teórico de la empresa científica. (Schaffer,2020).

La ciencia según el diccionario de la Real academia española es:

“Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente”. (REA.2023)

La ciencia como directriz para el desarrollo.

La sociedad de los países de Latinoamérica, en su gran mayoría buscan un avance que les permita estar a la altura de los primeros países a nivel mundial sin perder su esencia en un contexto que se ha tornado variado y global. Los jefes de gobierno requieren del acompañamiento de la ciencia para marcar las directrices de la administración, ya sea en su presupuesto, como para lograr decisiones acertadas en materia de políticas que favorezcan al avance de una nación o una sociedad.

“Las políticas públicas son antes que nada una forma particular de decidir y ejecutar las acciones de gobierno, pero no la única posible” (Arellano, 2020, P35) Sin embargo, las políticas públicas además de contextualizarse a las necesidades de la sociedad, deberá también planearse según la estrategia política que marque la directriz hacia un bienestar social común. Si queremos lograr un pleno desarrollo es necesario que la política interna de un país reconozca las deficiencias de un sistema

frente a un sistema global de donde la mayoría de los países de este sector tienen con países principalmente de Europa, estados unidos y Canadá.

“La gestión del conocimiento corresponde al conjunto de actividades desarrolladas para utilizar, compartir, desarrollar y administrar los conocimientos que posee una organización y los individuos que en esta trabajan, de manera que estos sean encaminados hacia la mejor consecución de sus objetivos” (García Ávila.2021)

La ciencia trae beneficios económicos que permean en una sociedad con una mejora de calidad de vida en la población, con una creciente respuesta en servicios de salud, infraestructura e industria que busca innovar en tecnologías de producción verde, consumo responsable, menor índice delictivo, mejores empleos, etc. generando una interacción global con aportaciones hacia una multiculturalidad que nos obliga a fusionar todas las aportaciones y tendencias a nivel global que permiten evolucionar hacia una sociedad moderna donde prevalezca la cultura y el arte como cimientos que forja la historia, la paz social, el desarrollo sustentable, y la igualdad de oportunidades.

Latinoamérica, los grandes retos históricos.

En Latinoamérica nos encontramos ante ciertos retos cuando hablamos sobre innovación y tecnología. Lamentablemente el rezago educativo, estructural y de desarrollo social juega un papel muy importante que incluso llega a depositarse en la conciencia colectiva de la juventud y de las nuevas mentes que representan un camino hacia el progreso creando desinterés en la investigación científica.

Históricamente, Latinoamérica es una región que se encuentra estancada por sus limitaciones en cuanto a infraestructura y oportunidades que representen una opción de calidad en materia educativa en todos los niveles a comparación del resto de las naciones con las cuales se mantienen relaciones económicas, que ven en esta región una redituable oportunidad para explotar recursos naturales y mano de obra para su propio beneficio; por lo cual, no resulta necesario profesionalizar e incentivar la competencia científica.

“El desafío principal para el crecimiento de la EdTech en América Latina y el Caribe corresponde a los bajos niveles de madurez digital de las instituciones aunado a su resistencia al cambio. La industria de la tecnología educativa espera un apoyo del gobierno creando y respaldando iniciativas para la incorporación de EdTech en escuelas, universidades y lugares de trabajo” (Vilchis.2022).

América Latina en particular se enfrenta ante esta problemática donde los estragos sufridos por un sistema educativo y políticas públicas no enfocadas precisamente en la promoción del desarrollo científico universal impiden la transformación de la región; esto, acompañado de falta de confiabilidad de quienes gobiernan, falta de esperanza, certeza económica, desesperación y la necesidad tangible por una transformación que llegue hasta los niveles más profundos de la sociedad, lo cual podría ser una vía a reducir las desigualdades económico sociales persistentes. En México durante los primeros meses de este año, se han observado cambios muy oportunos en materia política y de reformas, que están dando un rumbo distinto en el manejo de una política incluyente para varios sectores que no se tenía antes, o

bien no se daba a conocer el beneficio de estos a la sociedad, así también en el tema sobre el manejo de los inversionistas extranjeros para acrecentar el desarrollo económico que a su vez garantice como se lee, en el Plan Nacional de Desarrollo propuesto para este sexenio 2019-2024 en el Apartado 1 de política y gobierno propone: Garantizar el empleo, educación, salud y bienestar, en el texto el gobierno, reconoce que promoverá el derecho a la educación superior a la reivindicación del tejido social y la ética de las instituciones así como continuar con el sistema de becas desde el primer momento de su gestión. (PND 2019-2024)

“El gobierno federal promoverá la investigación científica y tecnológica; apoyará a estudiantes y académicos con becas y otros estímulos en bien del conocimiento. El CONACYT coordinará el Plan Nacional para la Innovación en beneficio de la sociedad y del desarrollo nacional con la participación de universidades, pueblos, científicos y empresas.” DOF (2019)

Es necesario destacar, que la importancia de una solidez económica en los países de esta demarcación, si bien no es alcanzada en su consolidación total, bien merece la pena contar con recursos donde se apueste al desarrollo de la ciencia y la investigación en aras de implementar y capacitar con nuevas estrategias y tecnologías que permitan por un lado, demostrar que los recursos destinados en este sentido los beneficios serán permeados hacia una sociedad mejor desarrollada con un estilo progresista en el que les permita alcanzar metas para un bienestar local que impacte en el mundo.

“La economía juega un importante reto dentro del sistema educativo mexicano, el que los centros escolares tengan las condiciones básicas de operatividad permite que los esfuerzos y los recursos económicos se encaminen a la adquisición de equipamiento y tecnología para la formación académica de los estudiantes, mientras no se cumpla esta parte los planteles educativos continuaran en el rezago tecnológico educativo.” (Escobedo, Zamudio y Vélez. 2018).

Retos de la educación en América Latina.

El progreso e innovación como resultado directo del impacto educativo en América Latina y el Caribe se ve reflejado de forma paulatina gracias a que son pocos los sectores de la población que se ven beneficiados de ello, la educación científica y tecnológica es un privilegio que los estratos más altos de la sociedad se pueden dar. Escuelas, laboratorios bien equipados, software y hardware actualizados e infraestructura de calidad son un sueño lejano para estudiantes que deben optar por dejar sus estudios para ayudar a sus familias, así como lo es también la problemática sobre todo en estos países, del rezago y abandono escolar, con motivo de la pobreza, la inseguridad debido a la violencia y alto índice de criminalidad tal es el caso de El Salvador, donde el pandillerismo logro reclutar a muchos hombres de mediana edad en su mayoría jóvenes que debieran estar estudiando en las universidades pero es el caso que muchas de estas pandillas albergaba y proveía a los Estados Unidos de Norte América varios simpatizantes que se dedican a cometer delitos entre ellos el tráfico de armas y de drogas.

De las diferentes problemáticas sociales que se han mencionado, algunas directamente contribuyen al desinterés y la falta de profesionales destacados en diferentes ramas de la ciencia, como si la ciencia solo fuera algo difícil de entender y de crear, en la gran mayoría de países Latinoamericanos.

Muchos estudiantes, desde edades tempranas menores de edad se ven obligados a abandonar sus estudios básicos para salir a las calles y conseguir lo necesario para apoyar el sustento familiar; mientras que otras concentran exorbitantes cantidades de dinero, y, por lo tanto, facilitando el acceso a cualquier tipo de oportunidades y experiencias en el ramo tecnológico otros (que son la mayoría) que se quedan estancados sin posibilidades de avanzar mientras la situación de delincuencia, falta de oportunidades de empleo y una economía inestable impere en estos países, el desarrollo únicamente obedecerá a la forma en la que las familias solo se enfocaran a obtener el sustento de la manera más fácil y rápida, aunque esta no sea precisamente legal o deje una satisfacción personal honrosa.

De acuerdo con diversos rankings nacionales las mejores Universidades en México para estudiar ingenierías, ciencia y tecnología son las siguientes: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Tecnológico de Monterrey (ITESM), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Continuando con el argumento anteriormente expuesto, cabe mencionar que 4 de estas 5 universidades se encuentran en las zonas más caras del país, sin tomar en cuenta el precio por estudiar en una universidad en particular, el costo de vivienda, transporte y alimentos en las diferentes ciudades sigue siendo demasiado alto para la gran parte de la comunidad estudiantil.

El bienestar de la sociedad se garantiza entre otros aspectos cuando el alumno, transforma su calidad de vida, mejora la de su familia o de quienes los rodea y ayuda a salir adelante a los de su entorno formando mejores generaciones de personas que no solo serán buenos profesionistas, sino también mejores ciudadanos que por ende mejoran a un país. Al gobierno le funciona mejor que sus gobernados sean desarrollados y prósperos, invertir y mejorar cada vez más el sector de la educación que tener que invertir en procurar la seguridad y la justicia de los ciudadanos.

“La desigualdad es quizás el problema más grave de la educación en todo el mundo”. Estas correlaciones no se producen de forma natural. Son el resultado de la falta de políticas que consideren la equidad en la educación como vehículo principal para lograr sociedades más justas y desarrolladas. Schmelkes (2020).

Sin duda este será uno de los grandes retos para el impulso de la educación científica, tecnológica y desarrollo social en muchos de estos países donde la ola de violencia creada por el crimen organizado y la falta de poder e influencia del Estado para frenar esta crisis no tiene precedentes. La delincuencia y la educación son dos conceptos que parecerían estar muy lejos del otro, cuando en realidad forman parte de una misma estructura social y que su actuar y repercusiones impactaran no solo en Latinoamérica, sino en todo el mundo. Cuando nos referimos al concepto de desarrollo social, al mismo tiempo estamos reconociendo al evaluar implícitamente, la capacidad de un Estado de crecer económicamente a niveles

estables teniendo con ello, en consideración el progreso de la sociedad en todas las esferas de vida del ser humano; por lo tanto el desenvolvimiento del hombre en su comunidad evidentemente encontrará concurrencia con estos 2 elementos.

En este sentido, es posible ser testigos de los efectos y consecuencias de la delincuencia organizada en América Latina que generalmente son relacionados con cuestiones de nota roja, sin embargo, debemos tomar en cuenta el aspecto educativo debido a que el papel del menor de edad como elemento vulnerable es sumamente importante. “La delincuencia puede afectar la educación, un individuo ya involucrado en hechos delictivos puede con mayor probabilidad abandonar el colegio o tener menores resultados académicos” (Lochner & Moretti. 2004).

Para terminar, no quiero omitir la gran aportación que la ciencia de la sostenibilidad nos ha dejado, no solo como un estudio de investigación profunda sino como una alternativa para poder preservar y conservar los recursos naturales de los que el ser humano necesita para vivir y que sobre todo en los últimos años antes de la Pandemia SARS COVID 2019 venía dándose un uso desmedido el cual al tener que parar todos los sistemas de producción y de energía en su mayoría nos dimos cuenta de que tal vez esa pausa era necesaria para dar un respiro al planeta, ya en el año 2000 se había introducido por Crutzen el concepto informal de Antropoceno, en 1995 el científico de origen Holandés, quien había investigado sobre la descomposición de la capa de ozono donde encontraba en esta una “alteración dramática ocasionada por las actividades humanas”, que atribuía hacia una nueva era. (Crutzen. 2002, p.23)

En la cartografía actual, podemos analizar gráficamente las repercusiones que tiene el clima y la biodiversidad hoy al ver los cambios biológicos y geofísicos, es impresionante encontrar las áreas donde el calentamiento global ha cambiado considerablemente la imagen sobre todo en los flujos de agua y los bosques, la aceleración de los procesos de producción de industrialización, la sobrepoblación que traen los excesos de producción en la búsqueda por el cumplimiento “a tiempo” de intercambios comerciales y la competencia por una economía mayor que aligere los problemas “sociales” que a su vez nos mantiene en una problemática de carácter global, pues el daño ambiental y ecológico obedece a una afectación en todo el mundo, paradójicamente, muchas organizaciones internacionales destinan recursos para proteger los derechos humanos que garanticen una vida digna y saludable, mientras que el planeta no puede reestablecerse solo ya que el uso irracional, desmedido de los recursos naturales ha sido provocada por el ser humano.

Hoy la ciencia nos proporciona múltiples investigaciones, en diversas áreas del conocimiento, todo ello con la finalidad de ser mejores, de crear cosas buenas para lograr un bienestar armónico entre el ser, la sociedad, la naturaleza buscando el progreso en un equilibrio, priorizando los tres pilares de sustentabilidad el desarrollo económico, el desarrollo social y el desarrollo sustentable.

Conclusiones.

Sin duda la ciencia en cualquiera de los ámbitos a los que el ser humano quiera enfrentarse para el desarrollo, el progreso, la innovación y la comodidad que pretende tener hacia una calidad de vida donde la mayoría aspira, bajo el concepto del “vivir bien”, ha sido y será una alternativa para la búsqueda de soluciones propias de este proceso. El camino hacia esa búsqueda de ser mejores, es la misma ciencia, quien constantemente está ofreciendo información que pueda servir para tomar mejores decisiones, más consientes, o alternativas que permitan según las necesidades y directrices de este mundo globalizado, mientras que en algunos países de Latinoamérica marcados como focos rojos sobre el uso desacelerado de sus recursos naturales, es la ciencia que informa de este problema que nos puede poner en riesgo a todos si no realizamos acciones con una toma de conciencia colectiva que nos permita ser empáticos y encaminar nuestras políticas hacia sistemas de regulación y de una planeación que permita encontrar un equilibrio entre la producción, el satisfacer las necesidades humanas y la naturaleza.

Agradecimientos.

Agradezco al Tecnológico Nacional de México campus Zacatepec, la oportunidad que se me otorga para poder presentar a través de este congreso lo que será el primigenio de algunos más, que a raíz de esta maravillosa experiencia comencé a aprender.

Quiero dar las gracias al Dr. René por dedicarme de su tiempo para orientarme e impulsarme a realizarlo.

Una implementación de acciones coordinadas y complementarias para atender los objetivos de políticas públicas planteados, los cuales son resolver los problemas de la sociedad.

una implementación de acciones coordinadas y complementarias para atender los objetivos de políticas públicas planteados, los cuales son resolver los problemas de la sociedad

Referencias

- Arellano David, Blanco Felipe (2020), “Políticas públicas y democracia”. *Cuadernos de divulgación de la cultura democrática*. INE. p.35
- Arellano Gault, Blanco Felipe (2020). “Políticas públicas y Democracia” México INE 1 ed. 2013 p.35
- Autor (2019). “¿Qué puede hacer la tecnología en beneficio del desarrollo?”, Organización de las Naciones Unidas: *Asuntos económicos*, disponible en <https://news.un.org/es/story/2019/06/145746>
- Blancas Torres E. (2018). “Educación y desarrollo social”, Universidad Nacional del Centro de Perú, *Horizonte de la Ciencia*, volumen 8, pags.113-121, 20 recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/5709/570960866008/html/#:~:text=Resumen%3A%20Educaci%C3%B3n%20y%20desarrollo%20social,como%20de%20las%20condiciones%20econ%C3%B3micas%2C>
- Del Pozo E. (2021) “ANTROPOCENO.La huella humana en el planeta”.*Alfa* volumen 48 <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+48/f866c5dd-95e7-dc49-b7bb-6341648ce780>
- DOF. (2019) Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.

- García Ávila I. (2021) "Ciencia y tecnología como proceso Social. Su lugar en la gestión científica del desarrollo". *Mediocentro Electrónica*, volumen 25, p.2 <https://medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/rt/printerFriendly/3527/2717>García Ávila, I. (2021). "Ciencia y tecnología como proceso social. Su lugar en la gestión científica del desarrollo". *Mediocentro Electrónica*, 25(2), pags.161-164.
- Garcés-Ordóñez, Espinosa L, Pereira Renan Cardozo, Barbara Barrozo I, Meigikos dos Anjos R. (2020) "Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia". *Environmental Pollution*. Volumen 267. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>
- Helmuth Trishler (2017). "El Antropoceno, ¿un concepto cultural, o geológico o ambos?" P.40 <https://www.scielo.org.mx/pdf/desacatos/n54/2448-5144-desacatos-54-00040.pdf>
- Jailman, L. (2023) "¿Qué tan claro es el vínculo entre la educación y el crimen?", *BDI Sin miedos* disponible en: <https://blogs.iadb.org/seguridad-ciudadana/es/que-tan-claro-es-el-vinculo-entre-educacion-y-crimen/#:~:text=El%20principal%20v%C3%ADnculo%20te%C3%B3rico%20entre,y%20este%20otro%20post%20previo>
- Jiliberto Herrera, R. (2022) "Giro estructural a la política pública en medio ambiente. Políticas públicas, estratégicas para el cambio climático y el Antropoceno". *Revista Estudio de Políticas Públicas* Volumen 8 .1. ed. RIL editores, p.260 Organización Mundial del Turismo. "El turismo: un fenómeno económico y social". OMT Consultado el 18 de enero de 2023. Recuperado de <https://www.unwto.org/es/turismo>
- Jiménez Escobedo J M, Zamudio García VM, Vélez Díaz D. "Los retos educativos en el siglo XXI con el uso de las TIC".(2020), volumen 6 *Xicua* Boletín científico <https://doi.org/10.29057/xikua.v6i11.2777> Organización Mundial del Turismo (2020) "Costa Rica muestra un repunte gradual en visitación turística al finalizar el 2020". *Instituto Costarricense de Turismo*. Recuperado de <https://www.ict.go.cr/es/noticias-destacadas/1828-costa-rica-muestra-un-repunte-gradual-en-visitaci%C3%B3n-tur%C3%ADstica-al-finalizar-el-2020.html>
- Jiménez Ornelas, René Alejandro. (2005). "La delincuencia juvenil: fenómeno de la sociedad actúa". *Papeles de población*, 11(43), 215-261. Recuperado en 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252005000100009#:~:text=El%20f%C3%A1cil%20acceso%20a%20las,juventud%20mexicana%20del%20siglo%20XXI
- Karl E Sveiby. "El valor del conocimiento". *Revista Gestión*. Volumen 5. Marzo abril 2000 págs. 110 - 113.
- OIT (2023) "Desarrollo económico y social". *Organización Internacional del Trabajo*, 2023, disponible en: <https://www.ilo.org/global/topics/economic-and-social-development/lang-es/index.htm>
<https://observatorio.tec.mx/edu-news/edtech-en-latinoamerica/>
- Rankin: Mejores Universidades para estudiar ingeniería y carreras tecnológicas. MEXTUDIA, última actualización 2023, disponible en <https://mextudia.com/rankings/ingenierias/>
- Real Academia Española. (2022). *Ciencia*. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de. <https://dle.rae.es>
- Ruiz Palacios B. (2019) [archivo de video]. YouTube conferencia: "Posgrado en ciencias de la sostenibilidad. Una ciencia transdisciplinaria". *Conexiones*. UNAM disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=iwRgP3BRmAU>
- Schmelkes S. (2020). "Reconocer y superar la desigualdad en la educación" *Crónica ONU*, 2020, disponible en: <https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/reconocer-y-superar-la-desigualdad-en-la-educaci%C3%B3n>
- T. Esper, M. Huepe y A. Palma (2022). Memoria del Primer Seminario Regional de Desarrollo Social "Educación en América Latina y el Caribe: la crisis prolongada como una oportunidad de reestructuración" (CEPAL). Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47802-memoria-primer-seminario-regional-desarrollo-social-educacion-america-latina>
- Vilchis, N. (2022) "Mientras el ecosistema de la tecnología educativa crece aceleradamente, se rodea de oportunidades para innovar, pero ¿cuál es la clave para hacerlo?", *Institute for the Future of Education*, Tecnológico de Monterrey, recuperado de

Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*