

# CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y DOCENCIA

## CITID

Instituto Tecnológico de Zacatepec

2019-2020

Año 2 Num. 2

Revista Bianaual

ISSN No. 2594-0465

Difusión  
vía red de cómputo

# CITID 2019-2020



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Congreso Internacional en Tecnología, Innovación y Docencia (CITID), Año 2, Número 2, 2019-2020 es una revista bianual, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Av. Universidad No. 1200, 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. 04-2017-051912040100-203, ISSN No. 2594-0465, 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 18 de mayo de 2019.

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 Congreso Internacional en Tecnología, Innovación y Docencia (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

*“La ciencia más útil es aquella cuyo fruto es el más comunicable”*  
**Leonardo Da Vinci**

Como el Universo, el conocimiento es infinito como infinitas son las interrogantes que tratan de resolver los investigadores con cada proyecto que emprenden. Sea investigación básica o aplicada, con ambas se intentan resolver problemáticas existentes, innovar o mejorar un proceso o un producto. Como cada dos años, en el Instituto Tecnológico de Zacatepec se realizó el Congreso Internacional en Tecnología Innovación y Docencia (CITID 2019), donde se dieron cita estudiantes, académicos e investigadores 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)  
Sistemas electromecánicos (IEM)  
Gestión del talento humano para la innovación (IA)  
Innovación estratégica de las organizaciones (IGE)  
Estructuras (IC)  
Aplicaciones en entornos web y móvil (ISC)  
Tecnologías para grandes bases de datos (ISC)  
Materiales poliméricos (IQ)  
Bioprocesos (IBQ)  
Ciencia y tecnología de alimentos (IBQ)  
Tecnología ambiental (IQ)  
Investigación docente (CB)

A decir de los participantes, el Congreso fue un éxito y la muestra de ello es este compendio de Contribuciones, expuestas durante el desarrollo del mismo, y que ahora se publica bajo un formato distinto al de años anteriores. 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  
Dr. Edgar García Hernández  
Dr. Alfredo Olarte Paredes  
Dr. René Salgado Delgado  
Dra. Zully Vargas Galarza  
Dra. Cinthya Dinorah Arrieta González  
Dra. Wendy Netzy Hernández Díaz  
Dr. Alberto Álvarez Castillo  
MC. Erica Griselda Carrillo González  
Dra. Ana Luz Gutiérrez Tejeda  
Dra. Claudia Barreto Cabrera  
M.A. Victoria Yazmín Atala Campos  
M.M. Jeanett del Carmen Ortega Millán  
CP. Margarita Harumi Salgado Alvarado  
Dra. Clara Regina Moncada Andino  
MC. Alejandro Rojas Ayala  
Dra. Ana Celia Campos Hernández  
ME. Arturo Méndez Maldonado  
MCI. Erika Reyes Dorantes  
MCI. Jacqueline Zuñiga Díaz**

# Índice

<b>IQB-00</b>	<b>CIENCIA DE LOS ALIMENTOS</b>	
	<b><i>CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE PELÍCULAS TIPO FOAM ELABORADAS A PARTIR DE MEZCLAS DE HARINA DE PLÁTANO MACHO Y FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR</i></b>	<b>1</b>
<b>IQB-01</b>	J.L. Román-Moreno, G.P. Radilla-Serrano, A. Vargas-Torres, R. Salgado-Delgado y A. Flores-Castro.	
	<b><i>EFFECTO DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA SOBRE LA CRISTALINIDAD DE ALMIDÓN DE MAÍZ</i></b>	<b>9</b>
<b>IQB-02</b>	J.L. Hernández-Alvarado, H.M. Palma-Rodríguez, A. Zaragoza-Bastida, A. Aparicio-Saguilán y R.G. Utrilla-Coello	
	<b><i>EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (CINAMOMUM VERUM)</i></b>	<b>16</b>
<b>IQB-03</b>	M.J. Granados-Baeza, E. Guilbert-García, V.A. Gutierrez-Huitron, J.L. Ceballos-Díaz y D.E. Alarcón-Hernández	
	<b><i>DETERMINACIÓN DE LA actividad ANTIOXIDANTE Y PREDICCIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO DE UN EXTRUDIDO TIPO CEREAL PARA DESAYUNO ELABORADO A BASE DE HARINA DE OXALIS</i></b>	<b>24</b>
<b>IQB-04</b>	M. P. Castro-Mendoza, E. Heredia-Olea, H. M. Palma-Rodríguez, A. Vargas-Torres, J. P. Hernández-Uribe	
	<b><i>ESTUDIO MOLECULAR Y DE BIOACCESIBILIDAD EN HARINAS DE Oxalis tuberosa OBTENIDAS MEDIANTE DIFERENTES CONDICIONES DE SECADO</i></b>	<b>29</b>
<b>IQB-05</b>	A. Vargas Torres, J. P. Hernández Uribe, F.A. Guzmán Ortiz, A. D. Roman Gutiérrez, M. E. González Cervantes	
	<b><i>DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN DESHIDRATADOR SOLAR CON UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL EXCEDENTE DE LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE, EN LA REGIÓN ORIENTE DE MORELOS</i></b>	<b>35</b>
<b>IQB-06</b>	J. Mendoza-Hernández, M.L. Acosta-Miranda, L. Ángeles-Hernández, V.H. Antonio-López, S.G. Puebla-Serrano	
	<b><i>ULTRAFILTRACIÓN EN FLUJO TANGENCIAL DE JUGO DE TIMBIRICHE</i></b>	<b>43</b>
<b>IQB-07</b>	Hurtado, G. N., Hernández, D. W. N. y Hernández, C. F. J.	
<b>IQ-00</b>	<b>MATERIALES POLÍMÉRICOS</b>	
	<b><i>ORDENAMIENTO DE CRISTALES DE CELULOSA Y PROPIEDADES ELÉCTRICAS</i></b>	<b>51</b>
<b>IQ-01</b>	J. A. Hernández-Flores, C. F. Castro-Guerrero, M. R. Díaz-Guillén, U. León-Silva, A. B. Morales-Cepeda, Filemón Delgado-Arroyo	
	<b><i>EFFECTS AND APPLICATIONS OF ULTRASONIC STRESS ON POLYSTYRENE WASTE</i></b>	<b>56</b>
<b>IQ-04</b>	López P., Arturo; Cedillo V., Gerardo; López M., Salvador; Canseco M., Miguel Ángel; García H., Manuel	
	<b><i>ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE PVA-/PEDOT-PSS/GO</i></b>	<b>62</b>
<b>IQ-05</b>	B. U. Mendoza-Enríquez, A. Olarte-Paredes, R. Salgado-Delgado, E. García-Hernández, Zully Vargas-Galarza.	

IQ-06	<b>SISTEMA DE FILTRACIÓN DE AGUA RECICLADA Y DESINFECCIÓN POR ELECTRÓLISIS (ETAPA 1 ELECTRÓLISIS)</b> M. A. Amador Santos y F. Espinoza –Vergara	70
IQ-07	<b>ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD MEZCLADO CON DIFERENTES TIPOS DE ALMIDÓN UTILIZANDO UN CONSORCIO MICROBIANO Y UN PRE-TRATAMIENTO DE RADIACION UV</b> L. F. Cuevas-Velazquez, E. García-Hernández, B. E. Sotelo-Fuentes, H. Alonso-Jimenez, C. D. Arrieta-González	81
IQ-08	<b>AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE UN HOSPITAL GENERAL</b> V. Licona-Márquez, G. Castillo-Quiroz	89
IQ-10	<b>SISTEMA HIDROPÓNICO EN SUSTRATO CON MONITOREO INTELIGENTE DE SALINIZACIÓN</b> José Luis Eguía Rivas, Guillermina Sánchez Marino	97
IQ-12	<b>OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE CONCENTRADORES CILINDRO PARABÓLICOS COMO FUENTE DE ENERGIA LIMPIA</b> Reyes Santiago Quintero González, Yuridiana Rocio Galindo Luna, Rosenberg J Romero D, Jorge Díaz Salgado	102
IQ-14	<b>DEGRADACIÓN DE ESPUMAS EXPANDIDAS ELABORADAS A PARTIR ALMIDON Y FIBRA DE PLÁTANO MACHO Y CHAYOTEXTLE</b> J.A. Roman-Brito, A.L. Juárez-López, A. Aparicio-Saguilan, H.M. Palma-Rodríguez , A. Vargas-Torres	108
IQ-16	<b>POLY(3-OCTYLTHIOPHENE)/POLYSTYRENE COMPOSITES FOR STAINLESS STEEL CORROSION PROTECTION</b> U. León-Silva, F. Delgado-Arroyo, C. F. Castro-Guerrero, Nicho-Díaz M. E.	116
IQ-17	<b>ESTUDIO ESTADÍSTICO EN LA DEGRADACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE BIOPELÍCULAS DE QUITOSANO Y PECTINA CON Y SIN GLICEROL.</b> Y. Z. Rodríguez-Sánchez, H. Alonso-Jiménez, E. García-Hernández, C. Barreto-Cabrera	124
IQ-18	<b>UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ELECTROSPINNING EN LA OBTENCIÓN DE UN ANDAMIO TISULAR PVA/PLGA/COLÁGENO</b> O. G. Román-Díaz, C. D. Arrieta-Gonzalez, W. N. Hernández-Díaz, R. Salgado-Delgado, Z. Vargas-Galarza y R. C. Cárdenas-Valdez	132
IQ-19	<b>OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS A PARTIR DE CASCARILLA DE ARROZ/RESINA FENÓLICA</b> A. Álvarez-Castillo, E. García-Hernández, C. D. Arrieta-González, M. J. Granados-Baeza, I. G. Diaz-Iturbe	140
IQ-21	<b>OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE QUITOSANO/PVA/ NANOARCILLA CON Y SIN ALOE VERA</b> K.A. Castillo-Rosales, C. D. Arrieta-González, E. García-Hernández, H. Alonso-Jiménez y Z. Vargas-Galarza	149
IQ-22	<b>DESTILACIÓN POR MEMBRANA POROSA HIDRÓFOBA PARA APLICACIONES EN SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO POR ABSORCIÓN</b> S. D. Nanco-Mejía, J. Ibarra-Bahena, U. Dehesa-Carrasco, W. Rivera-Gómez-Franco y R. J. Romero	157
IQ-23	<b>DEGRADACIÓN DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD CON RADIACION UV</b> B. E. Sotelo-Fuentes, L. F. Cuevas-Velazquez, C.D. Arrieta-Gonzalez, H. Alonso-Jimenez, y E. García-Hernández	162

	<b><i>OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE PCL/MWCNT/NHA POR IMPRESIÓN 3D.</i></b>	<b>166</b>
<b>IQ-24</b>	E. Silva-Beltran, A.M. Salgado-Delgado, W. N. Hernández Díaz, R. Salgado-Delgado, Vargas-Galarza.	
	<b><i>OBTENCIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE POLIESTIRENO EXPANDIDO REFORZADO CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA CON TRATAMIENTO ALCALINO</i></b>	<b>173</b>
<b>IQ-25</b>	R. E. Castañeda-Lozano, R.C. Cárdenas-Valdez, E. García-Hernández, H. Alonso-Jimenez, A. Salgado-Delgado	
	<b><i>EVALUACIÓN ELECTROQUÍMICA DEL COMPUESTO QUITOSANO-POLIPIRROL-NANOPARTÍCULAS DE SIO2 COMO RECUBRIMIENTO PROTECTOR CONTRA LA CORROSIÓN</i></b>	<b>180</b>
<b>IQ-29</b>	D. López-Domínguez, C.D. Arrieta-González, E. González-Juárez, E. García-Hernández y I.E. Castañeda-Robles	
	<b><i>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UN MATERIAL COMPUESTO BIOACTIVO EN SBF DE ALTA POROSIDAD DE PAAM/HA/CHT/PHEMA MEDIANTE SEM</i></b>	<b>188</b>
<b>IQ-30</b>	Z. Vargas-Galarza, W.N. Hernandez-Díaz, C.D Arrieta-González, R.C. Cárdenas-Valdez y S. Palacios-Casarrubias	
<b>ISC-00</b>	<b>INTELIGENCIA ARTIFICIAL, SISTEMAS EMBEBIDOS Y EL INTERNET DE LAS COSAS, DESARROLLO WEB Y MÓVIL, ROBÓTICA</b>	
	<b><i>APLICACIÓN WEB Y MÓVIL PARA EVALUACIÓN DE ALUMNOS</i></b>	<b>195</b>
<b>ISC-01</b>	J. Á. Peña-Ramírez, N.J. Ontiveros-Hernández, M. H. Tiburcio-Zúñiga, S. Espinoza-Salgado, V. Bárcenas-Martínez.	
	<b><i>DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE DESERCIÓN EN ESTUDIANTES DE BACHILLERATO MEDIANTE TÉCNICAS DE PREDICCIÓN DE MINERÍA DE DATOS</i></b>	<b>201</b>
<b>ISC-02</b>	R. Villa-Noriega, y F.J. Cartujano-Escobar	
	<b><i>VOLTAJE DE RIZO EN LOS CIRCUITOS RECTIFICADORES DE MEDIA ONDA, ONDA COMPLETA Y POLIFÁSICOS.</i></b>	<b>209</b>
<b>ISC-03</b>	S. Espinoza-Salgado, J. Á. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, M. H. Tiburcio-Zúñiga, V. Bárcenas-Martínez	
	<b><i>APLICACIÓN MULTIPLATAFORMA PARA OBTENER EL INDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)</i></b>	<b>216</b>
<b>ISC-07</b>	L. A. Gama-Moreno, J. Flores Peña, C. Martínez Hernández, A. Ramirez-Molina, A. Torres-Rangel	
	<b><i>INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN BIORREACTOR DE TAMBOR DE ASPAS GIRATORIAS PARA FES</i></b>	<b>224</b>
<b>ISC-08</b>	J.A. Garcia-Rodriguez, A. Olarte-Paredes, L. Villavicencio-Gómez, F.J. Hernandez-Campos	
	<b><i>ARQUITECTURA DE UN DATA WAREHOUSE PARA ANÁLISIS DE INDICADORES DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO</i></b>	<b>233</b>
<b>ISC-09</b>	M. López-Nava, F.J. Cartujano-Escobar, C. Nogueron-González	
	<b><i>GENERACIÓN DE LA REJILLA DE CUBOIDES PARA UN DATA WAREHOUSE NOSQL ORIENTADO A DOCUMENTOS</i></b>	<b>241</b>
<b>ISC-10</b>	Francisco Javier Cartujano Escobar, Leticia Santa Olalla Ocampo, José Pedro Aragón Hernández y María Fernanda Silva Reyna	
<b>ISC-11</b>	<b><i>CREACIÓN AUTOMÁTICA DE DATA WAREHOUSES NOSQL ORIENTADOS A DOCUMENTOS</i></b>	<b>249</b>

<b>IC-00 INGENIERÍA CIVIL DEL SIGLO XXI</b>		
	<b>IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA CIVIL ANTE LOS DESASTRES NATURALES, CASO 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017</b>	<b>258</b>
IC-01	C. Bustos-Mejía, A. Granados-Pineda, J. M. Ramírez-Cuevas, Fabian Salinas-Pedroza, J. A. Uribe-Medina	
	<b>DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN DE UNA PRESA DERIVADORA” CASO DE ESTUDIO: PRESA SAN NICOLÁS TOLENTINO MUNICIPIO DE IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA</b>	<b>266</b>
IC-02	C. F. Montes de Oca-Flores, J. M. Ramírez-Cuevas, M. G. Estrada-Chávez , R. A. Briseño-Ramiro	
	<b>PROYECTO EJECUTIVO Y SUPERVISIÓN EN CASA HABITACIÓN DE INTERÉS RESIDENCIAL EN FRACCIONAMIENTO LOS LIMONES, JIUTEPEC, MORELOS</b>	<b>274</b>
IC-03	M. Cárdenas-Rodríguez, J. F. Villegas-Santos, J. M. Ramírez-Cuevas, C. Bustos-Mejía	
	<b>EL ACERO COMO TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE</b>	<b>282</b>
IC-04	A. A. Reyes Zaldivar	
	<b>DISEÑO DE UN MORTERO ECOLÓGICO, PARA UNA APLICACIÓN ARQUITECTÓNICA</b>	<b>291</b>
IC-05	A. Ruiz-Posada, A. Antonio-Calandón, A. Coronado-Márquez y M. Selvera Acevedo.	
	<b>ESTABILIZACIÓN DE TALUDES A BASE DE ANCLAS COLOCADAS SOBRE MURO MILÁN Y MURO PILA. UBICACIÓN, COLONIA CONDESA, DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC</b>	<b>299</b>
IC-06	F. Salinas-Pedroza, A. Granados-Pineda, R. Moreno-Miranda, J. M. Ramírez-Cuevas	
	<b>LA SEGURIDAD VIAL</b>	<b>306</b>
IC-07	A. Granados-Pineda, F. Salinas-Pedroza, J. M. Ramírez-Cuevas	
	<b>ARGAMASA MEJORADA PARA MUROS DE VIVIENDA</b>	<b>314</b>
IC-08	E.G. Carrillo González, A. Granados-Pineda, M. Ortiz-Gómez, O. Román-Rosales, J.M. Ramírez-Cuevas	
	<b>DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL SUELO Y EL NIVEL DE DESPLANTE PARA LAS NUEVAS EDIFICACIONES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC</b>	<b>320</b>
IC-09	C. Bustos-Mejía, F. Salinas-Pedroza, J. M. Ramírez-Cuevas	
<b>IEM-00 SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS Y ENERGÍA</b>		
	<b>DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN UN DISIPADOR DE CALOR MEDIANTE MÉTODOS NUMÉRICOS Y SU COMPARACIÓN CON RESPECTO A LA SOLUCIÓN ANALÍTICA</b>	<b>328</b>
IEM-01	R. Álvarez-Rojas, R. Ovando-Castelar, M. A. Arriaga-Vargas, C. A. Martínez-Díaz y O. C. Benítez-Centeno	
	<b>SISTEMA DE ASPERSIÓN DE ALTO DESEMPEÑO PARA FUMIGAR TIERRAS DE CULTIVO</b>	<b>336</b>
IEM-02	J.E. Valle-Escobar, E. Salinas-Hernández, M. Monreal-Torres, A. Champion-Coria, E. López-García	

IEM-03	<b>ESTABILIDAD Y DISEÑO DE UN CONTROLADOR LQR PARA UN SISTEMA BOLA-VIGA</b> P. Téllez-Cuevas, A. Hernández-Luna, C.Y. Luna-Carrasco	342
IEM-04	<b>BALANCE DE ENERGÍA EN UN INVERNADERO</b> A.L.Sánchez-Brito, M. Vargas	351
IEM-06	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL AMATE</b> E. Gonzaga-Licona, G. Castillo-Quiroz, B. La Mitad-Santos, I. Reyes-León	358
IEM-07	<b>SELECIÓN DE TÉCNICA DE FILTRADO PARA LA DISOCIACIÓN DE COLOR DEL LIMÓN PERSA DE EXPORTACION USANDO RASP BERRY PI 3B</b> A. Carrasco Aráoz, A. Esteban	366
IEM-08	<b>DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ENSAYOS DE TORSIÓN EN METALES</b> J.E. Ruiz Ramírez, O. Sarmiento Martínez y C. A. Segura Brito	374
IEM-09	<b>DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA OBTENER LAS CURVAS DE RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS HIDRÁULICAS</b> O. C. Benítez-Centeno, J. D. Tiburcio-Bautista, M. G. Vargas Vega, O. Cázarez Candia y R. Ovando-Castelar	382
IEM-10	<b>FCE: SOFTWARE PARA EL CALCULO DEL FACTOR TEÓRICO DE CONCENTRACION DE ESFUERZOS</b> O. Sarmiento-Martínez	389
IEM-12	<b>ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA CONVERSIÓN DE BIOGAS USANDO DOS REACTORES DE PLASMA TIBIO EN SERIE</b> A. Romero-Casarrubias, J. Pacheco-Sotelo, C. Barerra-Díaz, M. Pacheco-Pacheco, R. Valdivia-Barrientos, M. Duran-García, M. Hidalgo-Perez, F. Ramos-Flores, H. Frías-Palos	397
<b>IIN-00</b>	<b>MEJORA DE PROCESOS Y SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD</b>	
IIN-01	<b>ANÁLISIS DEL FLUJO DE PROCESO COMO ESTRATEGIA DE MEJORA EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA (CASO DE ESTUDIO)</b> J.C. Martínez-Hernández, E.J. Cruz-Solis, I. Reyes-Leon, M. Cruz-Luna, G. Hinojosa- Andrade	403
IIN-02	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TEIAN SEIDO EN LA EMPRESA RASSINI FRENOS S.A. DE C.V.</b> A. Santos-Osorio, Y. Soto-Leyva, R. Bones Martinez, M. Flores-Monter, N.M. Rodríguez-Batalla	411
IIN-03	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA HOSHIN KANRI PARA EL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO DE UNA CARPINTERIA, UN CASO DE ESTUDIO</b> E.J. Cruz-Solís, I. Reyes-León, J. C. Martínez-Hernández, M. Cruz-Luna y A. Villalba-Esteban	419
IIN-04	<b>BASTÓN ERGONÓMICO</b> J.M. Ahuacatitla-Pérez, L. Rivera-Islas, Y. Soto Leyva, N. M. Rodriguez-Batalla, R. Bones-Martínez.	427
IIN-05	<b>CUMPLIMIENTO DE LA NORMA NOM-080-SCFI-2016 EN LAS IMPUREZAS DEL ARROZ</b> I. L. Hernández-Solís, V. Gama-Nájera, M. Campos-Álvarez y A. Rojas-Ayala	433

	<b>DISEÑO Y DESARROLLO DE UN CHECKING FIXTURE PARA TOLVA IZQUIERDA DEL CHEVY MODELO C3</b>	<b>441</b>
IIN-07	L. Ruiz-Macías, I. Rivera-Flores, D. A. Armenta-Cruz, A.E. Ortiz-González, C. Barreto-Cabrera	
	<b>KAIZEN PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPO PARA LA LIBERACION DE SOLICITUDES EN EL AREA DE COMPRAS EN LA EMPRESA DE SAINT GOBAIN MEXICO S.A. DE C.V.</b>	<b>448</b>
IIN-08	N. Dominguez-Reyes, R.C. Cárdenas-Valdez, E. Villegas-Ocampo, A. Jiménez Luciano	
	<b>DISMINUCIÓN DE COSTOS DE BALANCEO DE LÍNEA EN ÁREA DE PANTALÓN, "SECCIÓN 2 DELANTEROS"</b>	<b>456</b>
IIN-09	O. Bahena-Palacios, E. Hucino-Salgado, R. Rivera-Flores, P. F Pérez-Cabrera. N. Rodríguez- Bucio	
	<b>ANÁLISIS Y DESARROLLO DE PROCESOS INDUSTRIALES (EN EL ÁREA DE SACO)</b>	<b>464</b>
IIN-10	Juan Carlos Kido Miranda, Verónica Petra Hernández Pastrana Brandon Miguel Ríos Díaz, Jorge Armando Martínez López y Ricardo Valverde Mendoza	
	<b>LA IMPORTANCIA DEL AUTOMANTENIMIENTO PARA ELEVAR LA CALIDAD EN LOS EQUIPOS</b>	<b>472</b>
IIN-11	D. Domínguez Estudillo, L. Ángeles Hernández, J. Mendoza Hernández, Angélica Gómez Cardenas, Oscar Jimenez Estevez	
	<b>DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE COMPRESIÓN PLANA</b>	<b>477</b>
IIN-12	L. A. Medina Juárez, O. Román Rosales, V.Y. Atala Campos, G. Gómez Ortiz, N. A. Mariaca Cárdenas.	
	<b>APLICACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS O PREDICCIONES EN LA "DESTILADORA MARCHAN S.A DE C.V"</b>	<b>484</b>
IIN-13	F. J. Mota-Pérez, F. Hernández-Marchan, S. Castrejón-Pérez, F. Juárez-Herrera, V. A. Monreal-Domínguez	
	<b>IMPLEMENTACIÓN Y OBSTÁCULOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE UNA FRANQUICIA CAFETERA</b>	<b>490</b>
IIN-14	C. I. Vázquez-Castrejón, E. A. Gonzalez-Naranjo, F. Juarez-Herrera, S. Castrejón-Perez y V. A. Monreal-Domínguez	

<b>CB-00</b>	<b>ESTRATEGIAS DOCENTES PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS BÁSICAS</b>	
	<b>PROPUESTA DE UN JUGUETE INTERACTIVO, AUDIOTÁCTIL PARA EL APRENDIZAJE INICIAL DEL SISTEMA BRAILLE</b>	<b>498</b>
CB-01	M. Sampayo-Cárcamo, D. Rojas-Balbuena, V. Villa-Barrera y P. Leyva-Lazcano	
	<b>¿CÓMO GEOGEBRA RESUELVE INTEGRALES MÚLTIPLES?</b>	<b>504</b>
CB-03	C.R. Moncada Andino, D. Ochoa Vásquez, E. López Durán	
	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA CON IMPACTO EDUCATIVO, PARA ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE A NIVEL SUPERIOR, UTILIZANDO UN PLAN DE NEGOCIOS. (MODELO CANVAS)</b>	<b>511</b>
CB-04	M. Muñoz-Fuentes, R. González-Ambriz, J. A. Avila-Fonseca, B. A. González-Martínez, A. Escamilla-Uribe.	
	<b>DISEÑO E INTEGRACIÓN DE INTERFAZ GRÁFICA, PARA MONITOREO, CONTROL DE PROCESO E INVENTARIO PARA SILOS DE ALIMENTACIÓN A LÍNEAS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>519</b>
CB-05	A. Cruz-Garrido, G. Castillo-Quiroz, E. Gonzaga-Licono, B. M. Hernández-Briones	

<b>CB-06</b>	<b>DISEÑO DE SIMULADOR DE EQUIPOS DE DESTILACIÓN FLASH PARA SU USO ACADÉMICO</b> V. G. Muñoz-Castillejos, A. Palayop-Poisot, E. Sarmiento-Candelaria	<b>527</b>
<b>CB-07</b>	<b>SIMULADOR DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA</b> J. Sampayo-Rodriguez, L. Gonzalez-Muñoz, G. Garrido-Gonzalez, A. Hernández-Luna, J.F. Hernández Sánchez	<b>535</b>
<b>CB-08</b>	<b>ASOCIACIÓN DE LOS POLIMORFISMOS -108CT, L55M Y Q192R DEL GEN PARAOXONASA 1 (PON1) CON TUMORES CEREBRALES TIPO GLIOMA EN PACIENTES DE YUCATAN</b> L.J. González-Herrera, P.A. Gamas-Trujillo, G.J. Pérez-Mendoza, G. Medina-Escobedo, T. Canto-Cetina	<b>543</b>
<b>CB-09</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE LA TRAYECTORIA ESCOLAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL</b> E.M. Alonso-Rubín, B.L.Orduña-Tenorio, M. Ruiz- Roque, J.M.Valle-Morales, J.I. Castrejón- Castro.	<b>551</b>
<b>CB-10</b>	<b>MINITAB 16 COMO HERRAMIENTA EN EL ANALISIS DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL DEL ITSCH</b> Manai Díaz Loza, Hugo S Mateos Torre, Manuel Jesús Molas Vazquez	<b>558</b>
<b>CB-11</b>	<b>LA IMPORTANCIA DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA</b> Hugo S Mateos Torres, Manai Díaz Loza, Manuel Jesús Molas Vazquez	<b>566</b>
<b>CB-12</b>	<b>ERRORES MATEMÁTICOS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA</b> D. Ochoa-Vásquez, F. Espín-González, L. E. Rueda-Mata, L. Zavaleta-Avejar, E. López-Duran	<b>577</b>
<b>CB-13</b>	<b>VINCULACIÓN ENTRE LA TRIPLE HÉLICE MEDIANTE EL PROGRAMA DE RESIDENCIAS PROFESIONALES</b> M.L. Acosta-Miranda A. Alday_ Chávez, Y. Hernández-Tamayo	<b>584</b>
<b>CB-14</b>	<b>CLASIFICADOR DE BASURA EN CONTENEDORES</b> E. De La Cruz-Nicolás, O. A. Pliego-Martínez, C.M. Romano-Acevedo	<b>591</b>
<b>CB-15</b>	<b>MODELOS MATEMÁTICOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES COMO LIBRERÍAS EN LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN</b> O. A. Pliego-Martínez, E. De La Cruz-Nicolás, D. González-Orán	<b>596</b>
<b>CB-16</b>	<b>RED DE SEMÁFOROS VIRTUALES PARA EL CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR</b> E. De La Cruz-Nicolás, O. A. Pliego-Martínez	<b>602</b>
<b>CB-17</b>	<b>LA REALIDAD AUMENTADA: PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b> L. Santa Olalla Ocampo, A.C Campos Hernández, N. González Castro, R.M. Urzúa Rangel.	<b>608</b>
<b>CB-18</b>	<b>SEGUIMIENTO DE EGRESADOS COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL ITC</b> L. Angeles-Hernández, M.L. Acosta-Miranda, E.R. Zavaleta-Olea, J. Mendoza-Hernández, D. Dominguez-Estudillo, J.A. Corona-Calvario	<b>616</b>

	<b>IMPULSO AL EMPRENDIMIENTO EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR</b>	<b>622</b>
CB-19	M. L. Acosta-Miranda, L. Ángeles-Hernández, J. Mendoza-Hernández, L. Camacho-Bandera	
	<b>LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE CONTADOR PÚBLICO COMO ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA</b>	<b>630</b>
CB-20	R. I. Plata-Navarrete, B. Martínez-López, G. Esquivel-de Jesús, C. J. Brito-Carrillo y L. B. Galindo-Téllez	
	<b>COMPETENCIAS DE EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN EN EL ESCENARIO DE LA CARRERA DE CONTADOR PÚBLICO DEL TESSFP</b>	<b>638</b>
CB-21	D. M. Castolo-Servin, A. Cruz López, A. Gil-Antonio y A. López Camacho	
	<b>ÍNDICES Y MONITOREO DE REPROBACIÓN EN LAS IES-ITZACATEPEC</b>	<b>644</b>
CB-22	María Elodia Salgado Peña, Jessica Barreto Pérez, Arturo Díaz Villegas y Arturo Emmanuel Díaz Domínguez	
	<b>TRANSICIONES EDUCATIVAS EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC</b>	<b>649</b>
CB-23	R. Yáñez- Hernández, J. C. Ortega-Millán, D. Romero-Mendoza, C. Dominguez-Quezada.	
<b>IGE-00</b>	<b>INNOVACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS ORGANIZACIONES</b>	
	<b>LA CULTURA DE LA PROTECCIÓN CIVIL EN EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO</b>	<b>656</b>
IGE-01	S. Castrejón-Pérez, J. C. Flores-Cabrera, F. Juárez-Herrera, S. Y. Castillo-Ortiz, y V. A. Monreal-Domínguez	
	<b>LA ELIMINACIÓN DEL ARRAIGO PENAL EN EL ESTADO MEXICANO, UNA INNOVACIÓN ESTRATÉGICA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LOS DERECHOS HUMANOS</b>	<b>664</b>
IGE-02	A. Franco Mastache, L.A. Reyes Barragán	
	<b>NEGOCIO VERDE COMO EJE DE SUSTENTABILIDAD EN LA SOCIEDAD COOPERATIVA R.E.T.A. LA MEDIA LUNA, PARA REACTIVAR LA ECONOMÍA LOCAL</b>	<b>672</b>
IGE-03	L. Tadeo-Gómez, A. L. Torres-Jiménez, R. Ortiz-Esteban, A. K. Conde-Prieto	
	<b>ANÁLISIS DE LA RAREZA DE LOS RECURSOS Y CAPACIDADES EN PYMES DE TENOSIQUE, TABASCO</b>	<b>680</b>
IGE-05	J. Chan-Hernandez, S. Aguilar-Hernández, J.L. Hernández-Juarez, H.F. Platas-Rodríguez y F. IV. Flores-Córdova	
	<b>ESARROLLO DEL PRIMER NIVEL DEL MODELO SCOR PARA EL CULTIVO DE NOPAL EN EL ESTADO DE MORELOS</b>	<b>687</b>
IGE-06	L. Amparan-Ocampo, C. Barreto-Cabrera, R.C. Cárdenas-Valdez, H. Alonso-Jiménez, y O. Román-Rosales	
	<b>DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO MULTIPRODUCTO PARA UN SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>	<b>695</b>
IGE-07	C. Barreto-Cabrera, H. Alonso-Jiménez, V. Gama-Nájera, O. Roman-Rosales	
	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACEPTACIÓN EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE LOS EGRESADOS DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS IGUALA A PARTIR DEL 2015</b>	<b>703</b>
IGE-08	R. Marchán-Lázaro, M. A. Bárcenas- Nava, Elisa. Trujillo- Beltrán, R. García-Martínez y S. Ortíz-Hernández	

**ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS DE APOYO, PARA LA MEJORA CONTINUA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO 9001:2015 EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CUAUTLA** 709

**IGE-10**

M. R. Hernández-Andrade, Y. Hernández-Tamayo, D. P. Granados-Miranda y M. L. Acosta-Miranda

# CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE PELÍCULAS TIPO FOAM ELABORADAS A PARTIR DE MEZCLAS DE HARINA DE PLÁTANO MACHO Y FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

J.L. Román-Moreno<sup>1</sup>, G.P. Radilla-Serrano<sup>1</sup>, A. Vargas-Torres<sup>3</sup>, R. Salgado-Delgado<sup>2</sup> y A. Flores-Castro<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Acapulco, Av. Instituto Tecnológico s/n Crucero del Cayaco C.P. 39905, Acapulco, Guerrero, México-joseluiss-23@hotmail.com, pao.radilla2510@hotmail.com, alefc@hotmail.com, <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-renesalgado@hotmail.com, <sup>3</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-apolovt@hotmail.com.

*Área de participación: Ciencia y tecnología de alimentos (IBQ).*

**Resumen:** El uso de harinas provenientes de fuentes no convencionales para la elaboración de películas degradables contribuye a mantener y dar valor agregado a cultivos o sub productos de cultivo poco conocidos en la actualidad. Algunos estudios han demostrado que es posible obtener envases de alimentos a partir de mezclas de almidón, fibras y agua por procesos de termo prensado, presentando propiedades mecánicas débiles en los productos finales, en un intento por revertir estas deficiencias mecánicas y de barrera se ha incorporado fibra a matrices poliméricas como material de refuerzo para mejorar dichas deficiencias, tendencia que ha incrementado en los últimos años. Las espumas expandidas elaboradas en el presente trabajo se obtuvieron a partir de mezclas de harina de plátano macho y bagazo de caña, en tres diferentes concentraciones (90:10, 92.5:7.5 y 95:5%) y tres diferentes tamaños de partícula (0.595, 0.354 y 0.210 mm) respectivamente, mejoraron sus propiedades de barrera al incrementar el contenido de fibra y el tamaño de partícula, disminuyendo la conductividad térmica, ofreciendo la posibilidad de aplicación de este material en productos que requieran ser transportados o almacenados a temperaturas diferentes a la ambiente, aumentó también el ángulo de contacto favoreciendo una tendencia hidrofóbica, disminuyendo la posibilidad de reaccionar con el agua, los parámetros de solubilidad y permeabilidad disminuyeron también, sugiriendo que este tipo de materiales puede ser utilizado para embalar productos que contengan humedades elevadas sin sufrir algún deterioro.

## Introducción

Desde la creación de los plásticos a escala industrial en la década de 1940 y debido a su gran versatilidad tanto la producción como su consumo ha aumentado de manera exponencial, contribuyendo a incrementar el volumen de residuos sólidos no biodegradables [Al-Salem y col. 2009]. Las investigaciones de polímeros biodegradables con base de almidón se iniciaron en los años 70's y continúa actualmente.

Los polímeros sintéticos han sustituido a metales, vidrios, cerámicas y madera en muchas aplicaciones, principalmente en el área de empaque y embalaje. Los principales productos de plástico en el mercado, se agrupan en cinco grandes categorías, polietileno (PE), poli (propileno) (PP), poliestireno (PS), poli (cloruro de vinilo) (PVC), y polietileno tereftalato (PET) estas cinco resinas derivadas del petróleo revolucionaron la industria de los empaques y embalajes. [Mohanty y col. 2000].

Aproximadamente el 41% de la producción de plásticos se utiliza para la industria del embalaje, y el 47% de esto se utiliza para el envasado de alimentos [Fomin y Guzeev, 2000].

Se han utilizado también almidones modificados químicamente, así como diversos polímeros biodegradables, ácido poliláctico (PLA), policaprolactona (PCL), alcohol-polivinílico (PVA), quitosano, acetato de celulosa (CA), poli-éster-amida (PEA) para obtener bio espumas expandidas con la finalidad de mejorar sus características [Kaisangsri y col. 2012].

Se han agregado agentes de refuerzo a la matriz polimérica como un método eficaz para obtener materiales compuestos a base de almidón [Siddique y col. 2008] con menor rigidez y capacidad de absorción de agua, así como mayor flexibilidad, estas propiedades mecánicas se pueden mejorar con la incorporación de materiales de refuerzo hidrófilos.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

**Materiales.** Los frutos de plátano macho (*Musa paradisiaca L*), fueron adquiridos de la comunidad de Tetitlán del municipio de Tecpan de Galeana del Estado de Guerrero plátano, el bagazo de caña de azúcar fue proporcionado por el ingenio azucarero Emiliano Zapata de Zacatepec, Morelos, los reactivos utilizados estereato de magnesio, cloruro de sodio y silica gel son grado reactivo marca Meyer.

**Extracción de la harina.** Para la obtención de la harina de plátano se obtuvo por el método seco, se utilizaron frutos inmaduros de plátano (*Musa paradisiaca L*). El cual se lavó con agua potable para retirar la suciedad superficial como lodo, hongos, bacterias y posibles sólidos. Se retiró la cáscara del fruto para obtener la pulpa libre. La muestra a analizar se pesó para determinar posteriormente los rendimientos de pulpa obtenida y su cáscara. Se cortó el plátano en rebanadas de aproximadamente 2-3 mm de espesor para su fácil secado. Posteriormente se sometieron a secado en un deshidratador (Hamilton Beach 32100) durante 6 horas a 45 °C. Para la molienda se utilizó una licuadora semi-industrial (Mixer 5 litros acero inoxidable) a velocidad máxima, por diez minutos, el fruto molido se tamizó en malla 60, para homogeneizar tamaño de partícula.

**Elaboración de las películas.** Para la elaboración de las películas se utilizó una máquina para hornear de laboratorio (ZQe Mini Hebenstreit GmbH, Germany), en la cual se llevó a cabo el proceso de cocción (hornear), las diferentes formulaciones se presentan en la tabla 1. El molde se precalentó a 190°C las espumas expandidas se obtuvieron en formas rectangulares de 0,2 cm grosor, 16.5 cm de largo y 11.1 cm de ancho.

**Densidad.** La densidad ( $\text{g/cm}^3$ ) se calculó a partir de la masa (g) y el volumen ( $\text{cm}^3$ ) de cada película. Se utilizaron tiras rectangulares de películas de 200 X 300 mm. Cada muestra se pesó y el volumen se calculó multiplicando la longitud, anchura y espesor. Los valores de densidad reportados son promedio de diez repeticiones por formulación.

**Espesor.** El espesor de la película se midió utilizando un micrómetro digital. (Mitutoyo, No. 293–831-30) se midió el grosor en 10 lugares al azar. Se utilizaron valores medios para calcular la permeabilidad al vapor de agua (PVA) de las películas.

**Solubilidad.** Se cortaron muestras de 3 X 3 cm y se almacenaron durante 7 días en un desecador con silica gel (aproximadamente 0% de HR). Las muestras fueron pesadas y se colocaron en recipientes de vidrio con 80 ml de agua desionizada. Las muestras se mantuvieron bajo agitación constante durante 1 hora a 25 °C. Inmediatamente después, las muestras se secaron a 60 °C durante 4 h, y por diferencia de pesos se determinó el porcentaje de solubilidad.

**Permeabilidad al vapor de agua (PVA).** Se determinó de acuerdo al método estándar de la ASTM E 96-95 [ASTM, 1995b]. Las muestras de las películas de los diferentes tratamientos y la muestra control fueron colocadas en una celda de permeación las cuales quedaron selladas sobre una abertura circular de 0.000282 m<sup>2</sup>, la cual se almacenó a 25 °C en un desecador que mantuvo una humedad relativa del 75%, para ello se usó una solución saturada de NaCl, y en el interior de la celda contiene silica gel con 0% de humedad relativa, esto provoca un gradiente de humedad entre el interior de la celda y el exterior (desecador). La transferencia de vapor de agua se determinó a partir del peso ganado en la celda de permeación.

**Medición del ángulo de contacto.** Para determinar la hidrofiliicidad de las espumas, se determinó el ángulo de contacto con el agua, fue medido usando un goniómetro diseñado en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, México. La prueba fue realizada a una temperatura de 24.3 °C. Se colocó una gota de agua sobre la superficie de la película y se midió la evolución de la forma de la gota, fue grabado durante 1 minuto con una cámara de video óptica (Steren 1003) equipado con el software AVACAM, que permitió determinar el ángulo de contacto interno. Realizado mínimo 10 mediciones.

**Medición de la conductividad térmica.** La conductividad térmica de las películas se midió siguiendo el método de [Salgado-Delgado et al. 2016], denominado sistema de placa caliente basado en la norma ASTM C177–97.

## Resultados y Discusión

En la tabla 1, se presenta la matriz experimental a partir de la cual se elaboraron las mezclas de harina de plátano macho (almidón) y fibra de bagazo de caña de azúcar a diferentes concentraciones, para la obtención de una masa, posteriormente se sometió al proceso de cocción hasta obtener una placa de espuma expandida.

La solubilidad es una característica importante de las películas; de sus valores dependerá su aplicación. La solubilidad es un parámetro importante que indica la biodegradabilidad de las películas. Una mayor solubilidad indicaría una menor resistencia al agua y viceversa.

**Tabla 1.** Formulaciones de películas elaboradas a partir de mezclas de harina de plátano macho y bagazo de caña de azúcar.

Muestra (ID)	Harina de plátano (g)	Agua (mL)	Bagazo de caña (g)	Estereato de magnesio (g)	Núm. de malla/mm
Control	100	100	0	1	0
HP90-BC10-30	90	140	10	1	30/0.595
HP92.5-BC7.5-30	92.5	140	7.5	1	30/0.595
HP95-BC5-30	95	140	5	1	30/0.595
HP90-BC10-45	90	120	10	1	45/0.354
HP92.5-BC7.5-45	92.5	120	7.5	1	45/0.354
HP95-BD5-45	95	120	5	1	45/0.354
HP90-BC10-70	90	100	10	1	70/0.210
HP92.5-BC7.5-70	92.5	100	7.5	1	70/0.210
HP95-BC5-70	95	100	5	1	70/0.210

En la tabla 2, se observa que la película control muestra valores de solubilidad altos (19.59%), disminuyendo este parámetro al incrementar el contenido de fibra en la matriz polimérica como puede observarse en la muestra HP95-BC5-70 (15.61%) seguida de HP95-BC5-45 con (12.31%) respectivamente, esto se debe a que la harina tiene un carácter hidrofílico lo cual provoca que el agua logra penetrar fácilmente la matriz polimérica, dicho comportamiento puede explicarse por la ausencia de fibra de bagazo de caña de azúcar en las muestras de control. [Pelissari y col. 2012] reportaron que las películas preparadas con harina de achira eran más solubles que películas preparadas en mezcla con otros compuestos. Varios autores han reportado que la solubilidad de las películas está asociada con el tipo de materia prima utilizada para la formación de la matriz polimérica, el tipo de interacciones que ocurren en la matriz y las condiciones del proceso [Andrade y col. 2012].

En la misma tabla, se presentan los resultados del parámetro de permeabilidad al vapor de agua (PVA), en el cual se observa el efecto de la adición de la fibra de bagazo de caña de azúcar en la formulación de las películas, la muestra control presentó el valor mayor de PVA (5.24), esto se debe a que la harina contiene 97% almidón y este tiene una naturaleza hidrofílica y las moléculas de agua penetran con mayor facilidad a la matriz polimérica, este parámetro disminuye al incrementar el contenido de fibra, esta tendencia se presentó para los tres diferentes tamaños de partícula (0.595, 0.354 y 0.210) respectivamente. Vargas-Torres y col. [2017] reportan valores de permeabilidad mayores ( $5 \times 10^{-10}$  a  $6.12 \times 10^{-10}$ ) en películas elaboradas a partir de almidón de chayotextle y fibra de madera, esto debido al tamaño del granulo del almidón de la fuente de obtención y el tipo de material de refuerzo, e inferiores a los reportados por Palma-Rodríguez y col. [2017] en

películas elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas (1.16 – 1.32) esto se puede deber a que la adición de proteína no mostró algún efecto en este parámetro. Martínez-Ortiz y col. [2017] reportaron valores menores (7.52-10.41 E-11) en películas elaboradas a partir de almidón de chayotextle adicionadas con ácido ascórbico encapsulado, esto debido a que disminuyó el contenido de amilosa por la modificación de doble ciclo de calentamiento y enfriamiento causando una disminución en el contenido de amilosa, aumentando el porcentaje de cristalinidad y disminuyendo la porosidad del material.

**Tabla 2.** Solubilidad y permeabilidad al vapor de agua de películas elaboradas a partir de mezclas de harina de plátano macho y fibra de bagazo de caña.

Muestra	Solubilidad (%)	Permeabilidad al vapor de agua (PVA) ( $\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$ )*
Control	19.59 $\pm$ 0.24	5.24 $\pm$ 0.13
HP90-BC10-30	6.25 $\pm$ 0.24	2.71 $\pm$ 0.62
HP92.5-BC7.5-30	8.27 $\pm$ 0.02	3.19 $\pm$ 0.80
HP95-BC5-30	11.65 $\pm$ 0.03	4.37 $\pm$ 1.12
HP90-BC10-45	6.58 $\pm$ 0.18	2.80 $\pm$ 0.66
HP92.5-BC7.5-45	8.74 $\pm$ 0.17	3.40 $\pm$ 0.85
HP95-BC5-45	12.31 $\pm$ 0.19	4.64 $\pm$ 1.20
HP90-BC10-70	7.80 $\pm$ 0.56	3.06 $\pm$ 0.77
HP92.5-BC7.5-70	9.40 $\pm$ 0.39	4.37 $\pm$ 1.12
HP95-BC5-70	15.61 $\pm$ 0.23	4.68 $\pm$ 1.20

Media de tres repeticiones  $\pm$  desviación estándar. HP= harina de plátano, FB= fibra de bagazo de caña, C= concentración, T= tamiz. (\*) Valores multiplicados por E-9.

La densidad es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. Los valores de densidad de las formulaciones y la muestra control se muestran en la Tabla 3. Las diferentes concentraciones de harina de plátano y fibra de bagazo de caña de azúcar produjeron densidades que oscilaron entre 0.232 y 0.438  $\text{g/cm}^3$ , estos son valores similares a los reportados por Vargas-Torres y col., [2017] en espumas elaboradas a partir de mezclas de almidón de chayotextle y fibra de madera 0.1848 y 0.4532  $\text{g/cm}^3$ ; así como, los reportados por Palma-Rodríguez y col. [2016] en espumas elaboradas a partir de mezclas de almidón de chayotextle, almidón de papa y almidón pregelatinizado de esta misma fuente 0.17 y 0.19  $\text{g/cm}^3$  respectivamente, e inferiores a los reportados por Debiagi, Marjorie y Mali [2017] de 0.55 a 0.82  $\text{g/cm}^3$ , en bandejas elaboradas a partir de almidón de cassava y alcohol polivinílico y a los obtenidos por Ghanbari y col. [2018] reportando densidades de 0.99 a 1.18  $\text{g/cm}^3$  en espumas obtenidas a partir de almidón de maíz y nanofibras de celulosa. Bergel, Días, Machado y Campomanes [2018] presentan valores entre 0.142 y 0.1983  $\text{g/cm}^3$

en espumas elaboradas a partir de almidón acetilado y esterificado de papa, estos valores pueden ser debido a que las modificaciones disminuyen la disponibilidad de grupos OH responsables de la afinidad de las espumas por el agua. Algunos estudios han reportado que un mayor contenido de material de relleno causa un aumento en la densidad de partículas, lo que promueve la interacción entre las partículas de relleno y el almidón.

**Tabla 3.** Resultados de ángulo de contacto, conductividad térmica, densidad y espesor de películas elaboradas a partir de mezclas de harina de plátano macho y bagazo de caña.

Muestra	Ángulo de contacto (°)*	Conductividad térmica (W m <sup>2</sup> K)*	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Espesor (mm)
Control	67.83 ± 0.41	0.0140 ± 0.0004	0.2321 ± 0.0004	1.90 ± 0.0036
HP90-BC10-30	110.85 ± 0.38	0.0083 ± 0.0004	0.4385 ± 0.0003	1.59 ± 0.0052
HP92.5-BC7.5-30	97.38 ± 0.22	0.0093 ± 7.3693	0.3205 ± 0.0004	1.78 ± 0.0061
HP95-BC5-30	84.77 ± 0.50	0.0103 ± 9.8470	0.3138 ± 0.0004	1.58 ± 0.0014
HP90-BC10-45	107.62 ± 0.36	0.0088 ± 0.0002	0.3339 ± 0.0004	1.64 ± 0.0094
HP92.5-BC7.5-45	93.14 ± 0.54	0.0096 ± 3.2506	0.3193 ± 0.0022	1.63 ± 0.0075
HP95-BC5-45	80.81 ± 0.44	0.0105 ± 2.8211	0.3151 ± 0.0012	1.68 ± 0.0160
HP90-BC10-70	103.12 ± 0.15	0.0091 ± 5.6788	0.3138 ± 0.0004	1.71 ± 0.0043
HP92.5-BC7.5-70	88.03 ± 0.26	0.0099 ± 0.0001	0.3082 ± 0.0035	1.57 ± 0.0016
HP95-BC5-70	78.31 ± 0.34	0.0109 ± 8.6316	0.2968 ± 0.0009	1.69 ± 0.0020

Media de diez repeticiones ± desviación estándar. HP= harina de plátano, FB= fibra de bagazo de caña, C= concentración, T= tamiz. (\*) Valores multiplicados por E-9

Se denomina espesor al grosor de un elemento; es decir, a qué tan grueso, abultado o ancho es. La idea de espesor también puede vincularse a la condensación o la densidad de una sustancia Pérez-Porto, [2017]. En la tabla 3 se muestra la comparación de espesores que se obtuvieron en las películas evaluadas en este trabajo, donde la película control presentó el valor más elevado, ya que su formulación únicamente contiene harina de plátano, Vargas-Torres y col., [2017] reportaron valores mayores de 2.1860 y 2.8560 en espumas elaboradas a partir de almidón de chayotextle y fibra de madera, esto debido a que el almidón proveniente del chayotextle absorbe una mayor cantidad de agua y al momento exponerse a una temperatura elevada, se expande de forma más rápida.

A mayor conductividad térmica, significa que un material será mejor conductor del calor y cuanto menor sea esta, el material será más aislante. En las formulaciones realizadas se busca que el material sea menor conductor de calor, en la tabla 3, se muestra la comparación de cada una de ellas.

En los resultados se aprecia que la muestra control conduce el calor en mayor cantidad ya que está elaborada solo a base de harina de plátano macho sin tener alguna otra adición de material de refuerzo, volviéndose vulnerable a este

fenómeno, esto en base a que el plátano por si solo tiene una conductividad térmica de  $0.481 W/m^{\circ}K$ .

Este comportamiento puede deberse a una mejor distribución de la carga de la fibra en las formulaciones, lo que causó un aumento en el grosor de la pared de la celda. Resultados similares fueron reportados por [Peña-Rodríguez y col. 2001] en muestras de harina de plátano mezcladas con arcilla. Salgado-Delgado y col. [2016] encontraron resultados similares a este estudio, utilizando mezclas de 5 y 10 g de carbón vegetal a partir de bagazo de caña de azúcar. Este atributo sería positivo si la película se destinara a embalar productos que incluyan temperaturas diferentes a la ambiental.

El ángulo de contacto es utilizado como un indicador del grado hidrofílico de la superficie de la película. Ángulos de contacto mayores indican una superficie más hidrofóbica. Cuando una gota de agua se coloca en la superficie de un polímero, ocurre una atracción entre las moléculas de agua y la superficie del polímero. La fuerza de esta atracción va depender las propiedades del sólido y del líquido. [Handojo y col. 2009].

En la tabla 3, se muestran los ángulos de contacto resultantes de las distintas formulaciones evaluadas, puede observarse que la muestra control presenta una tendencia hidrofílica con un ángulo de  $67.83^{\circ}$ , y al adicionar diferentes concentraciones de fibra [5, 7.5 y 10%] y tamaño de partícula [0.210, 0.354 y 0.595] respectivamente, el ángulo de contacto incrementó y se torna hacia la tendencia hidrofóbica.

## Conclusiones

El uso de harinas provenientes de fuentes no convencionales para la elaboración películas biodegradables contribuye a mantener y dar valor agregado a cultivos o sub productos de cultivo poco conocidos en la actualidad.

La incorporación de fibras a matrices poliméricas ha generado gran atracción para diversos investigadores con la finalidad de que mejoren sus propiedades, al mezclar bagazo de caña y harina de plátano para la elaboración de bio espumas expandidas mejoro sus propiedades de barrera, disminuyó la conductividad térmica, aumentó su ángulo de contacto representando una tendencia hidrofóbica, disminuyendo su solubilidad y permeabilidad, indicando que este material podría ser utilizado para embalar productos que contengan humedades altas.

## Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Acapulco (ITA) y al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) del Tecnológico Nacional de México (TECNM), así como al Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP) de la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo (UAEH), por las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

## Referencias

1. S. Al-Salem, P. Lettieri, J. Baeyens. *Waste Management*. 2009, 29, 2625–2643.
2. A.K. Mohanty, M. Misra, G. Hinrichsen. *Macromol Mater Eng*. 2000, 1-276–277.

3. V.A. Fomin, V.V. Guzeev. *Rubber Plastics Technol.* 2001, 17, 3, 186–204.
4. N. Kaisangsri, O. Kerdchoechuen, N. Laohakunjit. *Ind. Crops Prod.* 2012, 37, 542–546.
5. R. Siddique, J. Khatib, I. Kaur. *Waste Management.* 2008, 28, 1835–1852.
6. ASTM. Designation E96–95. Standard Method for Water Vapor Transmission of Materials. *Annual Book of ASTM Standards*; American Society for Testing and Materials: Philadelphia, 199.
7. ASTM C 177–97. Standard Test Method for Steady State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot plate Apparatus, *Annual Book of ASTM Standards*; American Society for Testing and Materials: Philadelphia, 1997.
8. F.M. Pelissari, M.M. Andrade-Mahecha, P.J.A. Sobral, F.C. Menegalli. *Food Hydrocolloids*, 2013, 30, 681.
9. M.M. Andrade-Mahecha, D.R. Tapia-BI\_acido, F.C. Menegalli. *Carbohydr. Polym.* 2012, 88, 449.
10. A. Vargas-Torres, H.M. Palma-Rodríguez, J.J. Berrios, G. Glenn, R. Salgado-Delgado, A. Olarte-Paredes, J. Prieto-Méndez, J.P. Hernández-Urbe. *J. APPL. POLYM. SCI.* 2017, 1, 45565.
11. H.M. Palma-Rodríguez, R. Salgado-Delgado, D. Páramo-Calderón, A. Vargas-Torres, M. Meza-Nieto. *Acta Universitaria.* 2017, 27,1, 3-10.
12. M. Martínez-Ortiz, A. Vargas-Torres, A. Román-Gutiérrez, N. Chavarría-Hernández, P.B. Zamudio-Flores, M. Meza-Nieto, H.M. Palma-Rodríguez. *International Journal of Biological Macromolecules.* 2017, 98, 341-347.
13. H.M. Palma-Rodríguez, J.J. Berrios, G. Glenn, R. Salgado- Delgado, A. Aparicio-Saguilan, A.I. Rodríguez-Hernández, A. Vargas-Torres. *CYTA J. Food.* 2016, 14, 415.
14. F. Debiagi, M. Marjorie, S. Mali. *J Polym Environ.* 2015, 23, 269–276.
15. B. Berge, S. Días, L. Machado, R. Campomanes. *Carbohydrate Polymers.* 2018, 200:106–114
16. M.M. Pérez-Porto, R. Centeno-Lara, F. Lazcano-Serrano. *Ingeniería.* 2017,36-44.
17. G. Peña-Rodríguez, J. Sánchez-Molina, R. Monroy. *Colomb. Fis.* 2001, 40,285.
18. R. Salgado-Delgado, A. Olarte-Paredes, Z. Vargas-Galarza, T. López-Lara, J.B. Hernández- Zaragoza, I. Rico-Rodríguez, G. Martínez-Barrera. *Sci. Eng.* 2016, 1.
19. M. Handojo; M.A. García, M. Villar, A. Gentili, M.S. Rodríguez, L. Albertengo. *Food Sci. Technol.* 2009, 57, 106.

# EFFECTO DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA SOBRE LA CRISTALINIDAD DE ALMIDÓN DE MAÍZ

J.L. Hernández-Alvarado<sup>1</sup>, H.M. Palma-Rodríguez<sup>2</sup>, A. Zaragoza-Bastida<sup>2</sup>, A. Aparicio-Saguilán<sup>1</sup> y R.G. Utrilla-Coello<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Biotecnología de la Universidad del Papaloapan. [j.lizbeth\\_1895@hotmail.com](mailto:j.lizbeth_1895@hotmail.com), [alejandrosag@hotmail.com](mailto:alejandrosag@hotmail.com), [rguc07@gmail.com](mailto:rguc07@gmail.com) <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [palma.heidi@gmail.com](mailto:palma.heidi@gmail.com), [adrian\\_zaragoza@edu.mx](mailto:adrian_zaragoza@edu.mx)

*Área de participación: Ciencia y tecnología de los alimentos.*

**Resumen:** Se realizó una modificación enzimática en el almidón de maíz con la finalidad de generar almidones porosos que sirvan como material de soporte en la encapsulación en compuestos bioactivos o de probióticos. Se analizaron los cambios en su cristalinidad por medio de DRX, una caracterización morfológica por MEB y se determinó el contenido de amilosa presente en cada uno. Para la hidrólisis enzimática se utilizaron  $\alpha$ -amilasa pancreática de cerdo, probando tiempos de hidrólisis de 2, 4 y 6 h, y amiloglucosidasa de *Aspergillus niger* con un tiempo de hidrólisis de 12 h posterior al tratamiento con  $\alpha$ -amilasa. Se obtuvieron almidones porosos con un diámetro de poro de hasta 1.199  $\mu\text{m}$  con una frecuencia de 18.9 poros/gránulo. Los almidones obtenidos del tratamiento 2A12AMG contienen un mayor contenido de amilosa (31.14%) con respecto al nativo (30.16%), mientras que el tratamiento 2A12AMG contuvo el menor porcentaje de amilosa (30.16%). Lo que se traduce en que el almidón poroso del tratamiento 2A12AMG presentara una estructura más cristalina (23.35% de cristalinidad).

## Introducción

La encapsulación está definida como la tecnología de recubrimiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos en cápsulas que liberan su contenido en periodos o condiciones controladas (Champagne y Fustier, 2007). El material de pared utilizado en la encapsulación tiene un papel principal ya que otorga protección contra factores adversos. Dentro de los materiales utilizados comúnmente se encuentran algunas proteínas, lípidos y carbohidratos.

La mayoría de los polisacáridos utilizados en la encapsulación se modifican con la finalidad de mejorar la eficiencia de encapsulación o controlar la liberación. El almidón ha sido empleado como material pared en la encapsulación, principalmente porque es uno de los polisacáridos más abundantes en la naturaleza, es un polímero versátil, útil, considerado GRAS (Generally Recognized as Safe, por sus siglas en inglés) y es económico (Li *et al.*, 2016).

El almidón es el principal polisacárido de reserva energética en plantas (Bello-Pérez, *et al.*, 2006), el cual, gracias a su composición química y a su organización, una fracción del almidón es resistente a la degradación por  $\alpha$ -amilasa pancreática, pudiendo ser únicamente degradada por enzimas de bacterias colonias por lo que su interés como material de pared aumenta para la obtención de cápsulas dirigidas al colon. Las modificaciones por métodos físicos, químicos o enzimáticos han permitido incrementar la fracción de almidón resistente a la digestión enzimática y obtener almidones con propiedades fisicoquímicas y reológicas deseables (Lewicka *et al.*, 2015).

Uno de los productos de modificación que ha tenido un interés creciente en los últimos años es el almidón poroso. Los poros obtenidos pueden tener diámetros de 1  $\mu\text{m}$  y un volumen de la mitad del volumen total del gránulo, estos poros se producen de la superficie hasta el centro del gránulo. (Zhang *et al.*, 2012).

La obtención de almidón poroso puede ser mediante modificaciones químicas, físicas o enzimáticas, siendo las últimas las más utilizadas para la obtención de almidón poroso (Lei *et al.*, 2018).

La fuente botánica de almidón más común para la obtención de almidón poroso es el maíz debido a que el gránulo presenta canales de forma nativa que con el tratamiento enzimático se agrandan (Fannon *et al.*, 1992), una de las principales características de estos almidones es la alta capacidad de absorción (Zhang *et al.*, 2012). Una de las aplicaciones que se les ha dado a estos almidones es la encapsulación de aceite de oliva (Lei *et al.*, 2018) o de probióticos como *Lactobacillus acidophilus*.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

**Materiales** Se utilizó almidón de maíz comercial (Seyer, 5430). Se utilizaron enzimas amilasa pancreática de cerdo (Sigma-Aldrich, A6255, 1000 U/mg) y amiloglucosidasa de *Aspergillus niger* (Sigma-Aldrich, A9913).

**Modificación enzimática** Se realizó por medio de una hidrólisis enzimática en dos etapas. La concentración de enzima utilizada se determinó de acuerdo a lo obtenido y realizado por Benavent Gil y Rosell (2017), Li *et al.* (2016) y Dura *et al.* (2014).

Para la primera etapa se preparó una solución (25% p/v) de almidón de maíz y buffer de fosfato de sodio (20 mM, pH 6) y  $\alpha$ -amilasa pancreática de cerdo (15 U/g de almidón) manteniéndose en agitación durante 2, 4 y 6 horas a 38°C en baño maría; transcurrido los tiempos correspondientes, se realizaron lavados con etanol (90%) y se secaron durante 16 h. Posteriormente se preparó una solución (25% p/v) de almidón de maíz y buffer de acetato de sodio (50 mM, pH 4.2) y amiloglucosidasa (19.95 U/g de almidón), se mantuvo en agitación en baño maría a 50°C durante 12h y posteriormente se realizó un lavado y secado de la muestra.



**Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)** Se observó la morfología obtenida por medio de MEB siguiendo la metodología descrita por Benavent-Gil & Rosell (2017). Las muestras se espolvorearon sobre un soporte de aluminio con cinta

conductora de cobre de doble adhesión, posteriormente con la ayuda de un ionizador de metales (JEOL, Japón) se cubrieron con una capa de oro. Las muestras se observaron utilizando un microscopio electrónico de barrido (JEOL, JSM-5800LV, Japón) a un voltaje de 10 kV y una amplificación de 1000, 2000 y 3500X. Las imágenes obtenidas se analizaron con la ayuda del software Image J1 con la finalidad de obtener la medida de los poros generados en los almidones modificados.

Las imágenes obtenidas se analizaron con la ayuda del software Image J1 con la finalidad de obtener la medida de los diámetros de los poros generados en los almidones modificados.

**Contenido de amilosa aparente.** La determinación se realizó de acuerdo al método descrito por Hoover y Ratnayake (2002). Se pesaron 20 mg de almidón en base seca y se disolvieron en 8 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) (90%) en tubos de ensayo con tapa rosca, se agitaron vigorosamente durante 20 min, posteriormente se colocaron en baño maría a 85°C con agitación intermitente durante 15 min. La solución paso a un matraz aforado de 25 mL y con agua destilada se ajustó el volumen. Se tomó 1 mL de la dilución a un matraz aforado de 50 mL, se agregaron 40 mL de agua destilada y 5 mL de solución I<sub>2</sub>/KI (0.0025 M I<sub>2</sub> y 0.0065 M KI) para finalmente aforar. Se dejó reposar durante 15 min antes de leer la absorbancia a 600 nm. Para la curva estándar se prepararon soluciones de amilosa y amilopectina (1 mg/mL) tratadas del mismo modo que la muestra. Se transfirió un 1 mL de estas soluciones en diferentes relaciones de amilosa-amilopectina (0-100%) en matraces de 50 mL y se continuó del mismo modo que las muestras. El contenido de amilosa aparente de las muestras se obtuvo mediante interpolación.

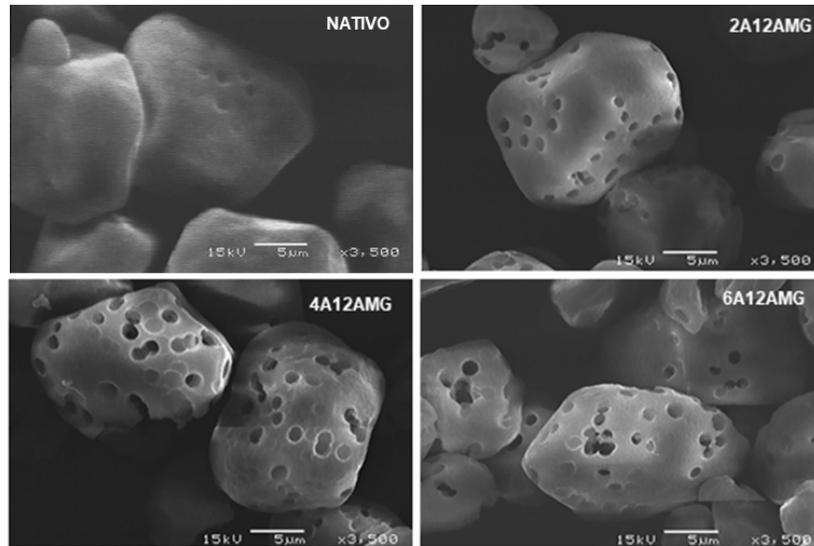
**Difracción de Rayos X** Las muestras se analizaron con un difractómetro de rayos X, la región de barrido fue desde  $2\theta = 5^\circ$  a  $2\theta = 60^\circ$  con un tamaño de paso de  $0.008^\circ$  con un tiempo de conteo de 5 s; el equipo se operó a 40 kV y 30 mA (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2006). El porcentaje de cristalinidad relativa se determinó de acuerdo a la fórmula empleada por Hulleman *et al.* (1999):

$$\% \text{ cristalinidad} = (\text{área cristalina dispersada} / \text{área total dispersada}) \times 100.$$

## Resultados y Discusión

**Morfología de almidones modificados.** Los gránulos de almidón nativo presentaron una morfología poligonal, con pequeños huecos en la superficie del gránulo, los cuales corresponde a los poros o canales, característicos del almidón nativo de maíz (Huber y BeMiller, 2000) mismos que se pueden observar en almidones nativos de otras fuentes botánicas como sorgo y mijo (Fannon *et al.*, 1992).

Por medio de la modificación enzimática fue posible obtener almidones porosos obtenidos (Figura 1), sin romper la estructura granular. Los poros obtenidos tuvieron un diámetro promedio de 1.17  $\mu\text{m}$  y una frecuencia de 17.8 poros/ gránulo sin existir diferencias entre los tiempos de la hidrólisis con  $\alpha$ -amilasa como se resume en la tabla 1.



**Figura 1.** Almidones de maíz nativo y porosos obtenidos por una etapa de hidrólisis con  $\alpha$ -amilasa pancreática de cerdo (A) durante 2, 4 o 6 h con una segunda hidrólisis con amiloglucosidasa de *Aspergillus niger* (AMG) durante 12 h.

Diámetros de un tamaño semejante al obtenido por Chen y Zhang (2012) con un tiempo de hidrólisis de 8 h con cantidades distintas de enzimas, como lo reporta Benavent-Rosell (2017), la cantidad de enzima es determinante en la generación de poros.

**Tabla 1.** Características estructurales de almidón modificado. A:  $\alpha$ -amilasa, AM: Amiloglucosidasa. Hidrólisis con tiempos de 2, 4, 6 y 12 horas

Tratamiento	Diámetro de poros ( $\mu\text{m}$ )	Frecuencia de poros
2A12AMG	$1.142 \pm 0.136$	$18.9 \pm 5.8$
4A12AMG	$1.169 \pm 0.162$	$17.8 \pm 5.5$
6A12AMG	$1.199 \pm 0.174$	$16.6 \pm 5.9$

Promedio  $\pm$  desviación estándar n=10 (Diámetro de poro) n=12 (Frecuencia de poro). No existieron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ).

El uso de complejos enzimáticos o mezcla de dos enzimas se ha utilizado con la finalidad de obtener mejores resultados, sin embargo, la frecuencia de poros es menor (Zhang *et al.*, 2012), esto es debido a que cada enzima tiene valores de temperatura y pH óptimos para su acción, por lo que si el pH es diferente la eficiencia de la enzima se verá afectada (Jung *et al.*, 2017; Dura *et al.*, 2014).

La  $\alpha$ -amilasa pancreática de cerdo se ha comprobado que hidroliza principalmente zonas amorfas y zonas con doble hélice de una longitud de cadena de 10 nm (Robyt, 2009). Por otro lado, la enzima amiloglucosidasa comienza a actuar sobre la superficie del gránulo que es más susceptible y posteriormente los canales se hacen profundos, llegando al interior del gránulo por endo corrosión (Chen y Zhang, 2012)

esta enzima hidroliza en extremos no reductores en ambos tipos de enlaces presentes en el almidón, hidrolizando 600 veces más rápido los enlaces  $\alpha$ 1-4 que  $\alpha$ 1-6.

**Contenido de amilosa.** La relación de amilosa/amilopectina de un almidón es lo que determina en su mayoría sus propiedades funcionales, por ello es importante los cambios en esta relación como consecuencia de la modificación enzimática. El almidón nativo de maíz utilizado presentó un 30.16% de amilosa porcentajes que lo catalogan como un almidón normal. Los contenidos de amilosa reportados en almidón de maíz son desde un 22% hasta un 29.5% de amilosa, dependiendo de la variedad de maíz (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2006), valores muy semejantes al determinado en el presente trabajo

La hidrólisis enzimática mostró tener un efecto sobre el contenido de amilosa, como se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Contenido de amilosa y amilopectina en almidón nativo de maíz y en almidones porosos

Tratamiento	% Amilosa	% Amilopectina
Nativo	30.16 $\pm$ 0.55 <sup>b</sup>	69.84 <sup>b</sup>
2A12AMG	29.22 $\pm$ 0.54 <sup>c</sup>	70.78 <sup>a</sup>
4A12AMG	29.85 $\pm$ 0.70 <sup>bc</sup>	70.15 <sup>ab</sup>
6A12AMG	31.14 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>	68.86 <sup>c</sup>

Promedio  $\pm$  desviación estándar n=6. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas (P  $\leq$  0.05).

De acuerdo a lo reportado por Benavent-Gil y Rosell (2017), utilizar  $\alpha$ -amilasa disminuye el contenido de amilosa, mientras que la amiloglucosidasa lo aumenta. Del mismo modo Uthumporn *et al.* (2010) obtuvieron almidones porosos de maíz con un contenido menor de amilosa de 17.2% a partir de un almidón nativo con un contenido de amilosa de 23.1% al hidrolizarlos con una mezcla comercial de  $\alpha$ -amilasa de *Aspergillus kawachi* y glucoamilasa de *Aspergillus niger* durante 24 h. De acuerdo a la relación amilosa/amilopectina, sus características funcionales pueden ser diferentes.

El almidón está catalogado como un polisacárido con una estructura semicristalina, dentro del cual, el contenido de amilosa representa la zona amorfa del almidón y la amilopectina la zona semicristalina, los cambios en alguna de estas moléculas o de su proporción en el almidón, por ende, modificará la estructura del almidón aumentando o disminuyendo su cristalinidad.

**Difracción de Rayos X.** Por medio de DRX se comprobó que tanto los tratamientos, como el almidón nativo presentaron el mismo patrón de difracción tipo A, característico de los cereales (Tester *et al.*, 2004) variando las intensidades de los picos entre los tratamientos. Los porcentajes de cristalinidad relativa (Tabla 3), no

presentaron diferencias estadísticas. El almidón nativo presentó un 20.7% de cristalinidad, los almidones porosos redujeron su cristalinidad, pero se mantuvieron muy cercanos al porcentaje del nativo, a excepción del tratamiento 2A12AMG en el que el porcentaje de cristalinidad aumentó hasta un 23.35%. Las ligeras diferencias que puedan existir en el patrón de difracción o en el porcentaje de cristalinidad, depende del tamaño de los cristales, la cantidad de regiones cristalinas y la orientación de las cadenas de doble hélice (Miao *et al.*, 2011).

**Tabla 3. Porcentaje de cristalinidad en almidón nativo y en almidones porosos.**

Tratamiento	% de Cristalinidad
Nativo	20.70 ± 0.82
2A12AMG	23.35 ± 1.55
4A12AMG	20.88 ± 1.23
6A12AMG	19.74 ± 0.56

Promedio ± desviación estándar n=2. No hay diferencias estadísticas (P > 0.05)

Los ligeros cambios coinciden con los porcentajes del contenido de amilosa, ya que el tratamiento 6A12AMG tuvo una mayor cantidad de amilosa, por lo que su cristalinidad se redujo. Autores como Miao *et al.*, (2011) y Zhang *et al.*, (2012) no observan cambios significativos, sin embargo, se observa un ligero cambio en la intensidad de los picos, en algunos casos disminuyendo y en otros aumentando los valores.

En una modificación enzimática no es tan común encontrar diferencias en el porcentaje de cristalinidad debido a que los mecanismos de acción tienden a atacar ambos componentes del almidón, por lo que la proporción entre zona amorfa y zona cristalina, tienden a mantenerse o tener poca variación.

## Conclusiones

Los almidones modificados enzimáticamente generaron almidones porosos con un diámetro de poro de 1.199  $\mu\text{m}$  y una frecuencia de  $\sim 18.9$  poros/gránulo. El tiempo de hidrólisis enzimática afectó el contenido de amilosa, a mayor tiempo, un mayor contenido de amilosa. El tratamiento 2A2AMG pudiese tener mejores características funcionales para ser utilizado como material en encapsulación, debido a su aumento en el porcentaje de cristalinidad.

**Agradecimientos.** A CONACyT por la beca otorgada en el estudio de posgrado Maestría en biotecnología, con número de becario 872536.

## Referencias

1. Aparicio-Saguilán A, Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J. y Bello-Pérez, L.A.. *J Sci Food Agric.* 2006, 86, 1078.

2. Bello-Pérez, L. A., González-Soto, R. A., Sánchez-Rivero, M. M., Gutiérrez-Meraz, F. y Vargas-Torres, A. (2006). *Agrociencia*. 2006, 40(4), 441.
3. Benavent-Gil, Y., Rodrigo, D. y Rosell, C.M. *Carbohydr Polym*. 2018, 197, 558-564.
4. Champagne, C. P., y Fustier, P. *Curr Opin Biotechnol*. 2007, 18(2), 184.
5. Chen, G. y Zhang, B. *J Cereal Sci*. 2012, 56, 316.
6. Dura, A., Błaszczak, W., y Rosell, C. M. *Carbohydr Polym*. 2014, 101, 837.
7. Fannon, J.E., Hauber, R.J. y BeMiller, J.N. *Cereal Chem*..1992, 69(3), 284.
8. Hoover, R., y Ratnayake, W. S. *Food Chem*. 2002, 78(4), 489.
9. Huber, K.C. y BeMiller, J.N. *Carbohydr Polym*. 2000, 41, 269-276.
10. Hulleman, S. H. D., Kalisvaart, M. G., Janssen, F. H. P., Feil, H., y Vliegenthart, J. F. G. *Carbohydr Polym*. 1999, 39(4), 351.
11. Jung, Y. S., Lee, B. H., y Yoo, S. H. *PLOS ONE*. 2017, 1–14.
12. Lei, M., Jiang, F. C., Cai, J., Hu, S., Zhou, R., Liu, G., Wang, Y.H., Wang, H.B., He, J.R. y Xiong, X. G. *Int J Biol Macromol*. 2018, 111, 755.
13. Lewicka, K., Siemion, P., y Kurcok, P. *Int J Polym Sci*. 2015, 1, 1.
14. Li, H., Thuy Ho, V. T., Turner, M. S., & Dhital, S. *LWT - Food Sci Technol*. 2016, 74, 542.
15. Miao, M., Zhang, T., Mu, W. y Jiang, B. *Food Hydrocolloids*. 2011, 25, 214.
16. Robyt, J.F. *Starch Chemistry and Technology*. 2009, 1, 237.
17. Tester, R. F., Karkalas, J., y Qi, X. *J Cereal Sci*. 2004, 39, 151.
18. Uthumporn, U., Zaidul, I. S. M., y Karim, A. A. *Food Bioprod Process*. 2010, 88(1), 47.
19. Zhang, B., Cui, D., Liu, M., Gong, H., Huang, Y., y Han, F. *Int J Biol Macromol*. 2012, 50, 250.

# EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*CINAMOMUM VERUM*)

M.J. Granados-Baeza, E. Guilbert-García, V.A. Gutierrez-Huitron, J.L. Ceballos-Díaz y D.E. Alarcón-Hernández

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México.

[granados@itzacatepec.edu.mx](mailto:granados@itzacatepec.edu.mx), [erik.gg@itzacatepec.edu.mx](mailto:erik.gg@itzacatepec.edu.mx), [ali\\_nevermind@hotmail.com](mailto:ali_nevermind@hotmail.com), [vlad094@hotmail.com](mailto:vlad094@hotmail.com), [dimna.ah@itzacatepec.edu.mx](mailto:dimna.ah@itzacatepec.edu.mx).

Área de participación: Bioprocesos (IBQ)

**Resumen:** Los aceites esenciales provenientes de diferentes plantas. Se han usado durante miles de años por sus propiedades genéticas. Se usan en la industria de la perfumería, industria alimenticia, medicina, botánica y aromaterapia. En el presente trabajo se efectuó la extracción del aceite de canela (*Cinnamomum verum*), mediante tres técnicas diferentes: arrastre por vapor, hidrodestilación y destilación asistida con microondas. Se determinó la eficiencia de extracción y se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del aceite. El aceite extraído presentó propiedades sensoriales típicas, índice de refracción de 1.49, densidad 0.877, solubilidad al etanol del 96%. El análisis de FTIR y cromatografía en capa fina mostró la presencia de eugenol y aldehído cinámico. Los porcentajes de extracción mayor que se obtuvo para cada uno de los procesos fue de 0.679% para la destilación por arrastre de vapor, 0.7293% para hidrodestilación y 0.8883% para destilación asistida con microondas, siendo ésta última la que mejores resultados de extracción presentó.

## 1. Introducción

Los aceites esenciales son una mezcla de lípidos o grasas de bajo peso molecular hidrofóbicas, generalmente menos densos que el agua, aromáticos y volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas, formados por terpenos, en particular monoterpenos y sesquiterpenos, así como sus derivados oxigenados, alcoholes, aldehídos, ácidos y ésteres terpénicos que se denominan respectivamente, monoterpenoides y sesquiterpenoides (Batish et al., 2008; Bakkali et al., 2008; Stashenko, 2000). Se les llama aceites por su apariencia física y consistencia parecida a las grasas.

El género *Cinnamomum* se compone de varios cientos de especies, que se distribuyen en Asia y Australia. Es un árbol indígena de Sri Lanka, aunque la mayoría del aceite ahora proviene de áreas cultivadas. *Cinnamomum* es una importante especia y cultivo aromático que tiene amplias aplicaciones en aromatizantes, perfumería, bebidas y medicamentos. (Jayaprakasha et al., 2011). Pertenece a la familia de las *Lauraceae*. Su nombre científico es *Cinnamomum verum*. Conocida comúnmente en México como canela, que es un vocablo de origen francés Canne (que significa caño o tubo), que en diminutivo se pronuncia cannele. Existen otras especies con amplia distribución como la canela china (*Cinnamomum cassia*) de calidad inferior y sustituto de la primera (Martínez, A, 1959). Se considera una de las especies más antiguas en el mundo, usada antes de la era cristiana por los chinos (Sánchez, 2008). La canela en rama es originaria de Sri Lanka, pero también se cultiva en Brasil, Birmania, India, Indonesia, indias occidentales e islas del océano Pacífico. El mayor productor sigue siendo Sri Lanka seguido de las islas Seychelles. Uno de los principales importadores de canela de Sri Lanka es México.

El aceite de la hoja contiene un componente llamado eugenol, así como el cinamaldehído y el alcanfor siendo estos los principales de los aceites de la corteza del tallo y la corteza de la raíz, respectivamente. Se encontró que estos aceites volátiles exhiben actividades antioxidantes, antimicrobianas y antidiabéticas. Se encontró que la corteza y las frutas de *Cinnamomum verum* contenían proantocianandinas con unidades de bis-flavan-3-ol doblemente enlazadas en la molécula.

La extracción por arrastre de vapor es llamado comúnmente: destilación por arrastre de vapor, hidrodifusión o hidroextracción. Es así que, cuando se usa vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal, es llamado “destilación por arrastre de vapor” (Güther, 1948). La hidrodestilación es la operación más utilizada para la extracción de aceites esenciales es la técnica tradicional de hidrodestilación. El equipo es cargado por lotes y trabaja en modo semicontinuo. Dicho equipo posee un condensador, el cual funciona en modo continuo, con el flujo del agua de refrigeración contracorriente. El rendimiento de la operación de hidrodestilación es muy variable. (Costa-López, et al, 1991). Entre las variables que han mostrado una importante influencia se encuentran: parte de la planta utilizada para la extracción (tallos, hojas, flores), humedad de la planta entre otros. (Ospina, W. 2009). La extracción líquido-sólido asistida por micro-ondas (MWE), es una técnica avanzada de la hidrodestilación que utiliza un horno de microondas en el proceso de extracción (Da Porto, 2009). Los equipos para llevar a cabo esta técnica se pueden adaptar modificando un horno de microondas convencional, haciendo un orificio en la parte superior que conecte un matraz de fondo plano con un aparato de refrigeración (un condensador conectado a un tubo de separación por gravedad, por el que pasa una corriente de agua fría), sellando la conexión con el horno para evitar la fuga de microondas. (Ferhat, M. 2006). Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, alta pureza del aceite obtenido y tecnología fácil de operar (Garin, 1980, Sefidkon, et al, 2006, Guan, et al. 2007, Da Porto, et al. 2009, Ferhat, et al, 2006). Por lo que el objetivo del presente trabajo fue realizar un comparativo de la extracción del aceite esencial de canela mediante destilación por arrastre de vapor, hidrodestilación y destilación asistida con microondas, evaluando el rendimiento de extracción.

## 2. Materiales y Métodos

**2.1. Material.** Se utilizó la canela (*Cinnamomum verum*) la cual fue comprada al grupo Canela Ltd. Bellanthara Rd, Nedimala Dehiwala, (Sri Lanka) en cortes de 21 pulgadas. Como reactivos se emplearon: Hexano, Acetona, Acetato de etilo, Silica gel c/indicador 4-8 mallas reactivo comprados a Sigma Aldrich (St. Louis, MO, USA); agua destilada.

**2.2. Preparación del material.** A la canela no se le realizó ningún proceso de secado previo antes de la molienda, solo fue molida en un molino manual para obtener un menor tamaño de partícula que hará más eficiente la extracción al aumentar la superficie de contacto para las extracciones posteriores.

### 2.3. Extracción del aceite de canela

**Hidrodestilación.** Se utilizó un equipo Clevenger a escala laboratorio. La muestra

era de 100 g y 400 mL de agua. Los tiempos de destilación se encontraban dentro del rango de los 60-90 minutos, después de los cuales no se observó diferencia en la extracción del aceite dentro del equipo separador Clevenger.

**Destilación por arrastre de vapor.** Se montó un equipo de destilación por arrastre de vapor a escala laboratorio. El proceso se llevó a cabo por lotes, de 100 g. de muestra y variando los tiempos de extracción, realizándolos con los siguientes tiempos de destilación (Díaz, 2017). Se calentó por 20 minutos aproximadamente y a partir de la primera gota de destilación se tomó el tiempo del proceso. Los tiempos fijados fueron de 60 min, 80 min, 100 min, observando que después de este último ya no se extraía el aceite. El agua de destilación que se colocó en el matraz de balón fue de 2 litros.

**Destilación asistida con horno de microondas.** Se utilizó un horno de microondas marca Samsung, con sensor de temperatura de fibra óptica (2450 MHz frecuencia del magnetrón y una potencia máxima de 1600 W) a la presión atmosférica. El recipiente estaba conectado a un dispositivo de enfriamiento con agua. Las extracciones se llevaron a cabo a lo reportado por con Duran y Villa (2014).

## 2.4. Caracterización de los aceites esenciales

**Solubilidad en etanol.** El ensayo se realizó en un tubo de ensayo, donde se colocó 500  $\mu$ L de muestra, se añadió etanol de 96° hasta obtener un volumen de 3 ml. Se agitó constantemente el tubo de ensayo durante la mezcla, la prueba se realiza por triplicado.

**Índice de refracción.** El índice de refracción fue medido en un refractómetro de alto rango tipo ZRM-100. Modelo 3230 3001 304. Sustancia medida 20°C. De acuerdo con el procedimiento descrito por el equipo. Los resultados se aproximaron hasta la décima. Se informó el promedio de las tres determinaciones del por ciento de aceite esencial.

**Densidad.-** Se procedió a pesar el aceite esencial utilizando una balanza analítica, y se midió el volumen en una micropipeta de 1 mL, a una temperatura de 20 °C.

**Espectrometría al infrarrojo.-** Marca Perkin Elmer. Modelo Spectrum two. Las condiciones de operación son por atenuación ATR, en un rango de 650-3800  $\text{cm}^{-1}$ , en muestra líquida.

**Cromatografía en placa.** Con un tubo capilar se tomó 0.5 mL. de muestra en placas de gel de Sílice gel GF254 y se dejó correr la cromatografía. La fase móvil fue tolueno-acetato de etilo 93/7, siendo un sistema muy utilizado para aceites esenciales, incluyendo al de canela de acuerdo con Wagner, (1996). Se preparó como revelador 100 mililitros de 4/1 agua/ácido sulfúrico y 2 gramos de  $\text{CoCl}_2$ . Al mismo tiempo se corrió un sistema con yodo y se observó en lámpara de modelo UVGL-25, multibanda de 254 nm, de 115 volt, 60 Hz midiendo en el rango de los 500 a los 4000 nm.

### 3. Resultados y Discusión

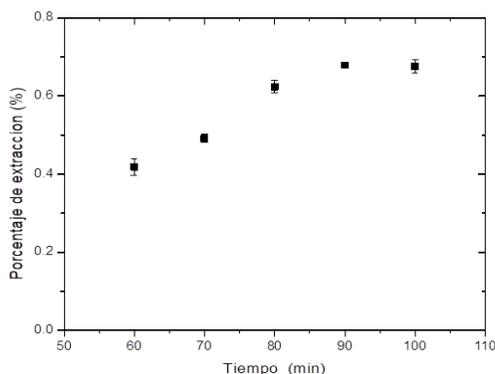
#### 3.1. Destilación con arrastre de vapor.

Se calentó aproximadamente 15 minutos el generador de vapor, al observar la caída de la primera gota en el equipo, se inició la toma de tiempo la cual mostró que después de los 90 minutos ya no se presentaba extracción de aceite, por lo que los tiempos de extracción fueron menores a ese tiempo. La tabla no. I se presentan los resultados obtenidos en la extracción por arrastre de vapor, en donde no mostramos diferencia significativa en los tiempos de extracción a partir de los 90 minutos. En la figura 1 se observa que el mayor % de extracción se presentó en un tiempo de 90 minutos, con un porcentaje de extracción de 0.679, observando que a partir de ese tiempo la extracción se volvió constante.

**Tabla I.** Extracción del aceite de canela por arrastre de vapor.

Peso muestra (g)	Tiempo de extracción (min)	Agua para generador de vapor (mL)	Aceite extraído (□L)	Aceite extraído (g)	% de extracción
100	60	2000	400	0.418	$0.418 \pm 0.021^a$
100	70	2000	470	0.491	$0.491 \pm 0.0105^b$
100	80	2000	600	0.627	$0.627 \pm 0.01582^c$
100	90	2000	650	0.679	$0.679 \pm 0^d$
100	100	2000	650	0.679	$0.679 \pm 0.01626^d$

Letras iguales en la columna indican que no existe diferencia significativa con un  $\alpha = 0.05$ .



**Figura 1.** Extracción del aceite de canela por arrastre de vapor.

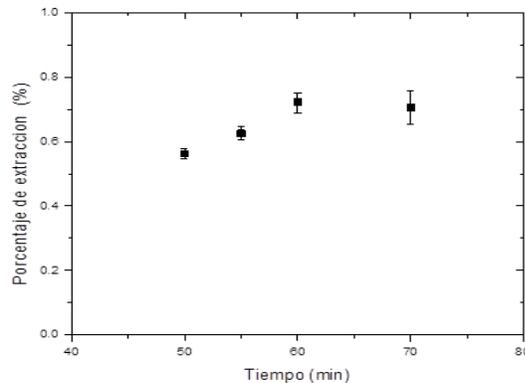
#### 3.2. Hidrodestilación

En la tabla II, se muestran los resultados de los promedios de tres muestras de cada uno de las extracciones a los diferentes tiempos, las relaciones masa/tiempo fueron tomadas de acuerdo con López et.al. (1997), sin embargo se realizaron adecuaciones con base a experimentos previos realizados en laboratorio. La tabla II y figura 2 presentan que los rendimientos de extracción mayores se presentaron en tiempo de extracción de 70 minutos, con un porcentaje de rendimiento de 0.7315%, no presentando una diferencia significativa a partir del tiempo de 55 min

**Tabla 2.** Extracciones de canela por hidrodestilación.

Peso muestra (gramos)	Agua añadida (ml)	Tiempo de destilación (min)	Densidad (g/ml)	Aceite extraído (□L)	Aceite extraído (g)	% de extracción
100	300	50	1.042	550	0.5731	0.5731 ± 0.01485 <sup>a</sup>
100	300	55	1.043	600	0.6258	0.6258 ± 0.02001 <sup>a,b</sup>
100	300	60	1.042	700	0.7292	0.7292 ± 0.03121 <sup>b</sup>
100	300	70	1.045	700	0.7315	0.7315 ± 0.052 <sup>b</sup>

Letras iguales en la columna indican que no existe diferencia significativa con un  $\alpha = 0.05$ .

**Figura 2.** Extracción del aceite de canela por hidrodestilación.

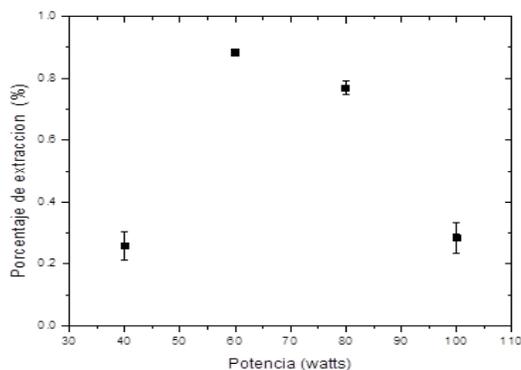
### 3.3. Destilación asistida con horno de microondas

En la tabla III se muestran los resultados de los promedios de tres muestras de cada uno de los procesos, se realizaron pruebas previas en donde se tomó como potencia base 40%, 60% y 80% y 100%. La potencia fue tomada de acuerdo con Arias y Arizabal (2013), sin embargo se realizó adecuaciones con base a experimentos previos realizados en laboratorio. La densidad promedio del aceite extraído por este método fue de 1.045 mg/mL. La tabla III, presenta los resultados de destilación asistida con horno de microondas, en donde existe diferencia significativa entre las potencias de 40%, 60% y 80%, con mejores rendimientos en potencia de 60% lo que equivale a 1470 W. en la figura 3, se observa que el rendimiento mayor fue de 0.8883% de extracción.

**Tabla III.** Extracciones de canela asistida con horno de microondas.

Potencia de extracción (W)	Peso muestra (gramos)	Agua añadida (ml)	Tiempo de destilación (min)	Aceite extraído (□L)	Aceite extraído (g)	% de extracción
980	100	300	20	250	0.26125	0.26125 ± 0.04709 <sup>a</sup>
1470	100	300	20	850	0.8883	0.8883 ± 0 <sup>b</sup>
1960	100	300	20	750	0.784	0.784 ± 0.02234 <sup>c</sup>
2450	100	300	20	250	0.285	0.285 ± 0.0495 <sup>a</sup>

Letras iguales en la columna indican que no existe diferencia significativa con un  $\alpha = 0.05$ .



**Figura 3.** Extracción de canela por destilación asistida con horno de microondas.

**3.4. Análisis físicos del aceite de canela.**

Las características físicas que se realizaron al aceite esencial de canela fueron: La densidad 1.045 g/mL, índice de refracción (20 °C) 1.598.5, solubilidad al alcohol etílico 96°. El índice de refracción obtenido por arrastre de vapor está dentro de los parámetros indicados en la Norma Técnica de Alimentos (Codex, 1999). A los valores señalados para aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas tales como limón 1,4810, arrayan 1,4774 (Carhuapoma et al., 2009, Cano et al., 2008).

Se realizaron análisis sensoriales al producto final, consistiendo en aspecto, color, olor y sabor del aceite, presentando los siguientes resultados los cuales se muestra en la tabla No. IV.

**Tabla IV.** Evaluación sensorial del aceite esencial de canela

Aspecto	Líquido cristalino transparente
Color	Ámbar
Olor	Característico
Sabor	Picante

**3.5. Determinación de los grupos funcionales presente usando FTIR**

La figura 4 muestra los espectros infrarrojos y las bandas que son características del aceite de canela en el rango de 4000-600 cm<sup>-1</sup>. En trabajos de Boughendjioua (2014), se identificaron 60 compuestos que constituyen a la canela, siendo el principal el aldehído cinámico (81,52), el Eugénol (2.91%), p-Cineol (2.91), entre los más importante. Se realizó la comparación del FTIR obtenido con el de Boughendjioua (2017), se pueden ubicar las diferentes bandas en el espectro característicos del aceite a 1500-1400 cm<sup>-1</sup>, correspondiente a la deformación CHx, señales de estiramiento correspondientes al C=C, en el rango de 1600-1500 cm<sup>-1</sup>, así como estiramiento de las vibraciones C=O en el rango 1700 al 1710 cm<sup>-1</sup>, causadas por el aldehído, estiramiento con absorción características entre 1740-1690 cm<sup>-1</sup>, causada por el grupo carbonilo siendo esta una de las más fuertes.

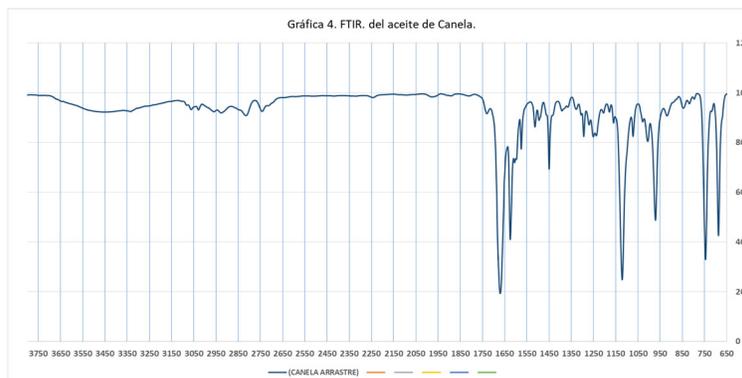


Figura 4. Resultados del FTIR obtenido del aceite

### 3.6. Cromatografía de placa fina del aceite de canela

Los resultados muestran la presencia de cineol con un factor de retardo de 0.4 contra el experimental de 0.38, el de aldehído cinámico característico de la canela con un valor teórico de 0.5 y uno experimental de 0.52, y el safrol con un factor teórico de 0.87, contra un experimental de 0.9, así como eugenol con un factor teórico de 0.47 y uno experimental de 0.45, éste último se observó muy tenue en la placa, al pasarlo por la lámpara de UV.

### Conclusiones

Las destilaciones realizadas a la planta de la *Cinnamomum verum* presenta mejores resultados con la destilación asistida con horno de microondas comparados con la hidrodestilación y destilación por arrastre de vapor, obteniendo un rendimiento de 8.883% a una potencia de 1470W, en tiempos de 20 minutos. Los análisis físicos realizados al aceite extraído en parámetros como densidad, solubilidad, índice de refracción, cromatografía en placa, espectrofotometría al infrarrojo, así como análisis sensorial presentan rangos establecidos para el aceite de *Cinnamomum verum*.

### Referencias

1. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. "Biological effects of essential oils- A review". Food and Chemical Toxicology.2008. 46. 446-475.
2. Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., Kaur, S. "Eucalyptus essential oil as a natural pesticide". Forest Ecology and Management. Elsevier. 2008. 256, 2166-2174.
3. Boughendjiona H. "Les plantes medicinales utilisées pour les soins de la peau. Composition chimique, activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de citrus limon, cinnamomun zeylanicum et thymus numidicus". 2014.144. 125-130.
4. Boughendjiona H, Amoura N, Boughendjioua Z. "Purity specifications of Constituents of Cinnamon essential Oil by Fourier Transformed Infrared Spectroscopy analysis". Indian Journal of Pharmaceutical and Biogical Research. 2017. 5(2):36-40.
5. Costa-López, J., Cervera-March, S. Cunill-García F. Curso de Ingeniería Química: Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte. Ed. Reverté. 1991.
6. Da Porto, C., Decorti, D. y Kikic, I. "Flavour compounds of Lavandula angustifolia L. to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods". Food

- Chemistry. 2009.
7. Diaz, M. "Determinación del rendimiento a diferentes tiempos de extracción de aceite esencial de la raíz *Salvia trifilis* Epling (mejorana) por el método de arrastre de vapor. *Agroind. Sci.* 2017. 7(2): 73-77.
  8. Guan, W., Li, S. Yan, R., Thang, S. y Quan, C. Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food chemistry.* 2007.
  9. Güther, E. *The Essential Oils. History and Origin in Plants Production Analysis.* Vghgol. 1. Krieger Publishing: New York, USA. 1948.
  10. López, R. M.; A. M. González; L. T. Acosta; G. J. Cáceras. "Actividad antifúngica in vitro del *Pinus caribaea* (pino macho)". *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 1997; 2(1): 25-29.
  11. Martínez, Maximino. *Plantas útiles de la flora Mexicana.* Editorial Botas. 1959.112-114 pp. México.
  12. Ospina, William. "El país de la canela. Ed. La Otra Orilla. 2009.
  13. Tesis: Sánchez, M. L. "Determinación de compuestos funcionales en canela (*Cinnamomum zeylanicum*)", Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 2008. 59-70.
  14. Sefidkon, F., Abbasi, K. y Khaniki, G. B. Influence of drying and extraction methods on gengibre (*Zingiber officinale*), *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2006. 1(1): 38-42.

# DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y PREDICCIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO DE UN EXTRUDIDO TIPO CEREAL PARA DESAYUNO ELABORADO A BASE DE HARINA DE OXALIS

M. P. Castro-Mendoza<sup>1</sup>, E. Heredia-Olea<sup>2</sup>, H. M. Palma-Rodríguez<sup>1</sup>, A. Vargas-Torres<sup>1</sup>, J. P. Hernández-Uribe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, C.P. 43600, México. [marisol1789@hotmail.com](mailto:marisol1789@hotmail.com), [palma.heidi@gmail.com](mailto:palma.heidi@gmail.com), [apolovt@hotmail.com](mailto:apolovt@hotmail.com), [heurjupa@gmail.com](mailto:heurjupa@gmail.com)

<sup>2</sup>EIC Escuela de Ingeniería y Ciencias, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Monterrey, Nuevo León, C. P. 64849, México. [erickho@itesm.mx](mailto:erickho@itesm.mx)

*Área de participación: Ciencia de los alimentos*

**Resumen:** Se determinó la actividad antioxidante y predicción del índice glucémico de un extrudido tipo cereal para desayuno elaborado a base de harina de Oxalis tuberosa, mediante un diseño central compuesto, en el cual se manejaron distintos tratamientos. La actividad antioxidante celular de los extrudidos fue mayor a medida que el contenido de humedad aumento; en cuanto a los resultados de predicción del índice glucémico, el contenido de fibra afectó de manera significativa, debido a que el índice de hidrólisis y el índice glucémico disminuyeron cuando se incrementó el contenido de fibra. Cabe mencionar que los productos obtenidos se encuentran dentro de la clasificación de índice glucémico medio, lo cual se considera favorable para la salud

## Introducción

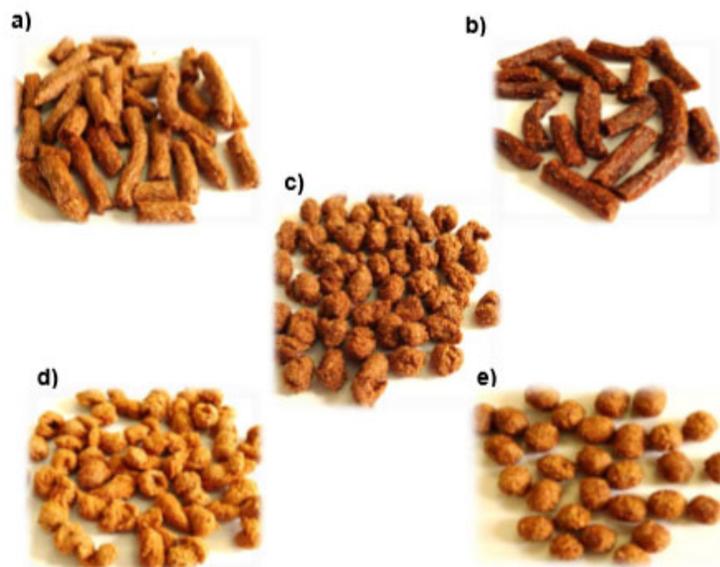
Los cereales para desayuno presentan beneficios al incluirlos en la alimentación diaria, ya que, en combinación con una dieta equilibrada, son una buena fuente de vitaminas y minerales, además contribuyen a la ingesta de fibra, la cual juega un papel importante en la prevención y tratamiento de ciertos padecimientos como el estreñimiento, así como también ayuda en el control de los niveles de glucosa y lípidos en sangre, por otro lado, pueden ayudar en la prevención del sobrepeso y la obesidad (Spence C. 2017). Una de las tecnologías alternativas usadas para elaborar cereales matinales, es la extrusión, la cual presenta ventajas en comparación con los procesos utilizados tradicionalmente. Las investigaciones en la actualidad están aplicando nuevas materias primas con el fin de obtener productos con características nutricionales diferentes que puedan tener un impacto positivo en la salud del consumidor. La Oxalis tuberosa es un tubérculo que puede ser utilizado en la elaboración de cereales para desayuno que brinden beneficios a la salud. Es por ello que el objetivo del presente trabajo de investigación fue: determinar la actividad antioxidante y digestión del almidón de un extrudido tipo cereal para desayuno elaborado a base de harina de Oxalis tuberosa.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Para la obtención de la harina de *Oxalis tuberosa*, se compró el tubérculo en el mercado local de Acaxochitlán, Hidalgo; la materia prima se compró en estado maduro, posteriormente se cortó en rodajas, para después deshidratarse en un horno de convección a 45°C durante 24 horas, para después llevar a cabo la molienda y obtener la harina. La fibra de avena (Vitacel®, HF 401) fue donada por el laboratorio J. RETTENMAIER USA LP. Para la obtención de los extrudidos se utilizó un extrusor de doble tornillo, finalmente los extrudidos fueron secados en un horno de convección a 120°C por 15 minutos. Se obtuvieron 5 tratamientos distintos donde varió el contenido de humedad y fibra, T1 (Humedad 20%, fibra 20%), T2 (Humedad 20%, fibra 0%), T3 (Humedad 17.5%, fibra 10%), T4 (Humedad 13%, fibra 20%) y T5 (Humedad 13%, fibra 0%). Para determinar la actividad antioxidante celular se determinó utilizando el cultivo celular Caco-2, siguiendo la metodología reportada por Wang *et al.* (2013) y Wolf *et al.* (2007). Para la predicción del índice glucémico, se determinó la velocidad de hidrólisis del almidón de acuerdo a Holm *et al.* (1986) y finalmente se utilizó la ecuación reportada por Goñi *et al.* (1997), para obtener el índice glucémico. Por último, para la determinación de fibra dietética se siguió la metodología reportada por McCleary *et al.* (2015).

## Resultados y Discusión.

En la Figura 1 se muestra la apariencia física de los extrudidos tipo cereal para desayuno, donde se observa que las características de color, forma y textura fueron distintas para cada tratamiento.

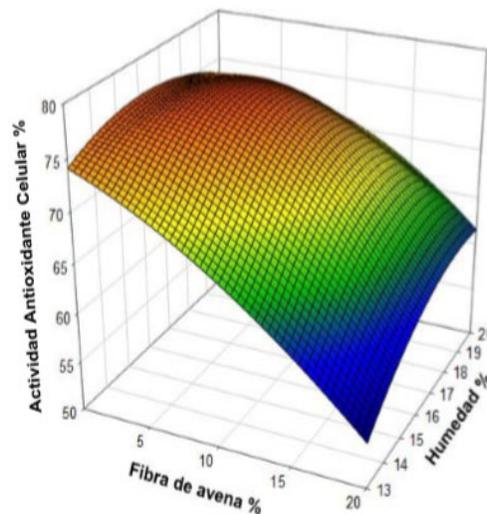


**Figura 1.-** Apariencia física de los extrudidos tipo cereal para desayuno a base de *Oxalis tuberosa* adicionados con fibra de avena. a) T1, b) T2, c) T3, d) T4 y e) T5.

La actividad antioxidante en las materias primas (harina de *Oxalis tuberosa* y fibra de avena) fueron de 71.2% y de 76.4%, respectivamente. Por otro lado, en la Figura 2 se muestran los resultados de la actividad antioxidante celular de los extrudidos,

donde se observa que los valores oscilaron entre 54.54 y 74.1%, así también se puede notar que la actividad antioxidante se favoreció con el contenido de humedad.

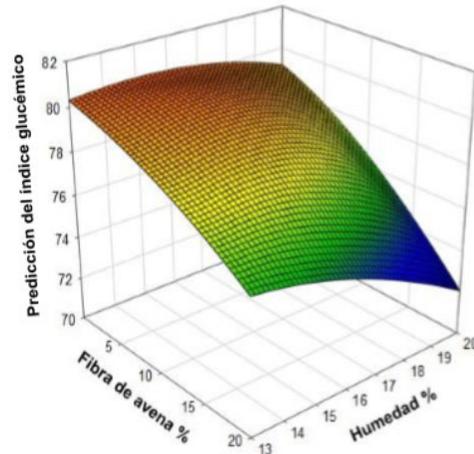
Nayak *et al.* (2011), evaluaron la bioactividad de antioxidantes en productos extrudidos elaborados con harina de papa morada y chicharos secos, utilizando dos métodos distintos para determinar la capacidad antioxidante (Capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) y actividad antioxidante en células). Estos autores reportaron que los productos extrudidos tenían mayor capacidad antioxidante cuando fueron comparados con la materia prima, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos en este proyecto de investigación no se observó el mismo comportamiento, ya que los extrudidos obtenidos tuvieron una menor capacidad antioxidante en comparación con la materia prima, lo cual pudo deberse a la diferencia en las condiciones de extrusión y a la materia prima utilizada por los autores y en este trabajo..



**Figura 2.** Efecto del contenido de fibra y humedad sobre la actividad antioxidante celular.

Respecto a los resultados de índice de hidrólisis y predicción del índice glucémico, el valor más bajo (42.16%) de índice de hidrólisis (IH) fue para el tratamiento 1 (20% de humedad y 20% de fibra de avena) con lo cual, se obtiene también un índice glucémico bajo (72). Este valor puede estar influenciado por la cantidad de fibra de avena que se adicionó, lo cual impactó inicialmente en el índice de hidrólisis y por lo tanto en el índice glucémico. Por otro lado, el tratamiento con el máximo índice de hidrólisis y predicción del índice glucémico fue el T5 (13% de humedad y 0% de fibra de avena) con un valor de 53.5% y 80, respectivamente.

La predicción del índice glucémico se muestra en la Figura 3, donde se observa que los valores disminuyen a medida que el contenido de humedad y fibra de avena aumentan. Resultados similares fueron reportados por Brennan *et al.* (2008) donde reportan que la presencia de fibra disminuyó los valores del índice glucémico. Por lo tanto, el contenido de fibra pudo haber disminuido la velocidad de hidrólisis y por lo tanto impactar en el índice glucémico.



**Figura 3.** Efecto del contenido de fibra y humedad sobre la predicción del índice glucémico.

De acuerdo con Ferng *et al.* (2016), los alimentos con IG de  $\leq 60$ , 60-85 y  $\geq 85$  se clasifican como IG bajo, medio y alto, respectivamente. A pesar de que algunos de los tratamientos contienen un porcentaje de fibra en su formulación, todos los extrudidos son de IG medio, esto probablemente se debió a que la materia prima principal (*Oxalis tuberosa*) es rica en azúcares como son: glucosa, fructosa y sacarosa, lo que probablemente, afectó en el índice de hidrólisis.

Por último, los resultados del contenido de fibra dietética total de los extrudidos oscilaron entre 13.09 y 29.53%. En base a estos resultados se confirmó el efecto de enriquecimiento de los extrudidos con fibra de avena. Cabe aclarar que la adición de fibra se realizó con el objetivo de aumentar el contenido de esta en los extrudidos, ya que la harina de *Oxalis tuberosa* es deficiente en este compuesto. Como se sabe, la fibra dietética juega un papel importante en la disminución del riesgo de muchas enfermedades (diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon o estreñimiento) y es uno de los ingredientes más importantes utilizados en alimentos nutricionales y funcionales. Además, la incorporación de fibra a alimentos reduce su aporte calórico, lo que puede ayudar en las dietas de control de peso. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de fibra dietética total para adultos es de 25 g/día, de acuerdo con esto, los niveles de fibra de los extrudidos contribuirían de manera importante con la cantidad recomendada, por lo tanto, este tipo de productos elaborados a base de harina de *Oxalis tuberosa* podrían tener un impacto positivo en la salud del consumidor.

## Conclusiones

La actividad antioxidante celular de los extrudidos se vio favorecida por el contenido de humedad. La predicción del índice glucémico disminuyó debido al contenido de fibra ya que esta pudo interferir en la velocidad de hidrólisis del almidón. Por lo tanto, la harina de *Oxalis tuberosa* puede utilizarse como materia prima en la elaboración

de extrudidos matinales que podrían tener un impacto positivo en la salud del consumidor.

### Agradecimientos

Se agradece al laboratorio J. RETTENMAIER USA LP., por el apoyo otorgado, mediante la donación de la muestra de fibra de avena. Este trabajo fue apoyado por el proyecto CONACYT 221902.

### Referencias

1. Spence, C. (2017). Breakfast: The most important meal of the day?. *Int. J. of Gastronomy and food Sci.*, 60, 1-8.
2. Wang, Y., & Ryu, G. (2013). Physical properties of extruded corn grits with corn fibre by CO<sub>2</sub> injection extrusion. *J. food engineering*, 14-20.
3. Wolf, K., & Hai, R. (2007). Cellular antioxidant activity (CAA) Assay for Assesing Antioxidants, Foods, and Dietary Supplements. *J. of agric. And agric. Sci. Procedia*, 301-308.
4. Holm, J., Björck, I., Drews, A., & Asp, N. (1986). A rapid method for the analysis of starch. *Starch/Starkë*, 224226.
5. Goñi, I., García-Alonso, A., & Saura-Calixto, F. (1997). A starch hydrolisis procedure to estimate glycemic index. *Nutrit. Research*, 427-437.
6. McCleary, B., Sloane, N., & Draga, A. (2015). Determination of total dietary fibre and available carbohydrates: A rapid integrated procedure that simulates in vivo digestion. *Starch/Starkë*, 67, 860-883.
7. Nayak, B., Liu, R., Berrios, J. Tang, J & Derito, C. (2011). Bioactivity of antioxidants in extruded products prepared from purple potato and dry pea flours. *Agric and food chem*, 59, 8233-8243.
8. Brennan, A., Monco, J., & Brennan, C. (2008). Effect of inclusión of soluble and insoluble fibres into extruded breakfast cereal products made with reverse Screw configuration. *Int J of food sci and tech*, 2278-2288.
9. Reyes, F., Salazar, G., Romero, L., Islas, A., & Ramírez, B. (2013)- Estimated glycemic index and dietary fiber content of cookies elaborated with extruded wheat bran. *Plant foods Hum Nutr*, 68, 52-56.
10. Ferng, L., Liou, C., Yeh, R., & Chen, S. (2016). Physicochemical property and glycemic response of chiffon cakes with different rice flours. *Food hydrocolloids*, 1-8.

## ESTUDIO MOLECULAR Y DE BIOACCESIBILIDAD EN HARINAS DE *Oxalis tuberosa* OBTENIDAS MEDIANTE DIFERENTES CONDICIONES DE SECADO

A. Vargas Torres<sup>1</sup>, J. P. Hernández Uribe<sup>1</sup>, F.A. Guzmán Ortiz <sup>2</sup>, A. D. Roman Gutiérrez <sup>2</sup>, M. E. González Cervantes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [apolovt@hotmail.com](mailto:apolovt@hotmail.com), [heurjupa@gmail.com](mailto:heurjupa@gmail.com), [maruglecer@gmail.com](mailto:maruglecer@gmail.com). Rancho Universitario.. Av. Universidad Km. 1. Ex-Hda. de Aquetzalpa AP 32 CP 43600. <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [fabiguzman01@yahoo.com.mx](mailto:fabiguzman01@yahoo.com.mx); [almadeliaroman@yahoo.com.mx](mailto:almadeliaroman@yahoo.com.mx). Ciudad del Conocimiento Carretera Pachuca - Tulancingo km. 4.5 Colonia Carboneras Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184.

**Área de participación:** Ciencia y tecnología de alimentos

**Resumen:** Para conocer los principales cambios fisicoquímicos de la harina elaborada con *Oxalis tuberosa* mediante dos condiciones de secado: liofilización y secado con calor. Se realizaron los siguientes estudios: la microscopía electrónica de barrido mostró formas ovoide y elíptica en los gránulos de almidón. Con difracción de rayos láser el tamaño de partícula al 50% (Dv50) de la harina obtenida por liofilización (HL) fue: 48.5  $\mu\text{m}$  y para la harina obtenida por secado con calor de convección (HS) de 75.92  $\mu\text{m}$ , presentando las harinas una distribución bimodal. Los estudios con difracción de rayos X reportaron diferencias en el porcentaje de cristalinidad obteniéndose valores de 55.97% para HL y de 43.49 % para HS. Con los resultados de la digestión *in vitro* de las harinas se pudo observar que el método de secado si influyó en las harinas, mostrando diferencias significativas en los contenidos de almidón y fibra dietaria integrada.

### Introducción

La *Oxalis tuberosa* es un tubérculo endémico de los Andes que doscientos años atrás fue introducido en México (Cortella y Pochettino, 1995). La elaboración de harina a partir de este tubérculo es una de las mejores formas de conservar y ampliar su vida útil. La fabricación de harinas de tubérculos es una forma sencilla de obtener altos rendimientos en poco tiempo comparada con la extracción de almidón. Dependiendo del método de secado utilizado, las ventajas de las harinas entre otras son: ampliar el tiempo de conservación de algunos componentes bioactivos así como las propiedades funcionales relacionadas con el almidón y sus propiedades nutricionales. En recientes décadas el proceso natural de secado ha sido remplazado por otros métodos de deshidratación o combinación de los mismos, tales como secado solar, aire caliente, microondas, liofilización, atomización, deshidratación osmótica, entre otros. Elegir el método de secado adecuado es todo un reto. El secado por calor de convección es uno de los mejores métodos de preservación que puede extender la vida de anaquel de este tubérculo sin embargo la calidad de los productos puede cambiar. Por otro lado la liofilización es uno de los métodos de deshidratación más avanzados del que se obtienen productos de más alta calidad (Ahmed y Al-Attar, 2015). Por ello el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto del método de secado en la obtención de harina de *Oxalis tuberosa* en sus propiedades moleculares, morfológicas, fisicoquímicas, de viscosidad y de bioaccesibilidad de compuestos bioactivos.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

### Obtención de las harinas

Se adquirió papa roja *Oxalis tuberosa* del tianguis local de Tulancingo de Bravo Hidalgo. La cual se lavó y cortó en rodajas de aproximadamente 2-3 mm de grosor y las rodajas se colocaron en una estufa secadora a 45°C por 48 h para su secado. Otra parte se colocó en la liofilizadora Labconco modelo Freezezone 2.5 a -41°C por 42 h. Las hojuelas secadas y liofilizadas se molieron por separado en UDY ciclone sample mill para la obtención de las harinas.

### Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Para determinar la morfología de las harinas se utilizó el método reportado por Paredes-López *et al.*, (1989). La muestra de harina se espolvorea sobre una cinta conductora de cobre de doble adhesión la cual se fijó previamente en un soporte de aluminio del microscopio electrónico de barrido LEO 1525 (LEO electron Microscopy, Oberkochen, Germany). La muestra se cubrió con una capa de carbón de 30 nm. Las muestras se colocaron en el ionizador de metales JEOL y se recubrió con una capa de oro.

### Difracción de rayos X

Los patrones de difracción de rayos X de las harinas se obtuvieron de acuerdo a la metodología descrita por Palma-Rodríguez *et al.*, (2013). Las muestras se equilibraron en una cámara de humedad relativa al 100% y a temperatura ambiente (25 °C) durante 24 h. Los patrones de difracción de rayos X de las harinas se obtuvieron mediante un difractómetro (D-500, Siemens, Madison, W). El difractómetro se operó a 27 mV y 50 kV. La región de barrido con ángulo  $2\theta$  fue de 4° a 40° con un tamaño de paso de 0.05°, con un tiempo de conteo de 2 segundos. El porcentaje de cristalinidad se calculó utilizando la siguiente ecuación.

#### Ecuación 1. Cristalinidad

$$\text{Cristalinidad (\%)} = (A_c / (A_c + A_a)) * 100$$

Donde:

A<sub>c</sub>= área cristalina sobre el difractograma de rayos X

A<sub>a</sub>= área amorfa sobre el difractograma de rayos X

### Distribución de tamaño de partícula

La distribución del tamaño de partícula se determinó como lo describe Palma Rodríguez, (2012). Con un equipo de difracción de rayo láser usando un Malvern Mastersizer 2000, (Malvern Instruments Ltd., Malvern, Worcestershire, UK). (Las muestras de harina se secaron en horno de aire caliente para reducir el contenido de humedad 8-11% en peso antes del análisis del tamaño de partícula). Las harinas fueron analizadas usando un módulo Scirocco 2000. Las mediciones se llevaron a cabo a temperatura ambiente. El tamaño de partícula se expresó como diámetro mediano D[v0.5], el cual es el diámetro volumen equivalente a un valor de la

frecuencia acumulada de 50% y distribución de volumen (Malvern Instruments Lid., 1990).

### Contenido de almidón total

El contenido de almidón total de las harinas de *Oxalis tuberosa* se determinó siguiendo la metodología de AOAC 996.11 por hidrólisis multienzimática, utilizando un kit de Megazyme® (Total Starch by Megazyme. Assay procedure). El almidón total fue medido de acuerdo a Englyst, Kingman, y Cummings, (1992) usando un kit de ensayo GOPOD132, formato K-GLUC 09/14 (Megazyme International Ireland Ltd). Se calculó y expresó como:

Ecuación 1. Almidón total.

$$AT = \text{Absorbancia de la muestra} \frac{F}{\text{Peso base seca de la muestra}} * 0.9 * 100$$

Donde:

AT: Almidón total

F= Vol. final / Absorbancia del estándar (glucosa)

### Fibra dietaria total integrada

Los constituyentes de la fibra dietaria se cuantificaron de acuerdo con el método AOAC 2009.01 y 2011.25, McCleary *et al.*, (2012). Se pesó 1g de muestra (cuadruplicado). Se adicionó 1 mL de etanol al 95%. Posteriormente se adicionó 40 mL de la mezcla de buffer de maleato de Sodio (ph 6) con las enzimas  $\alpha$ -amilasa pancreática y amilogucosidasa (AMG). Se incubaron las muestras por 16 h a 37°C. Posteriormente se pusieron a ebullición durante 20 min. Se adicionó 0.1mL de solución de proteasa. Se incubo a 60 °C por 30 min. Se agregaron 200 mL de etanol se dejó precipitar toda la noche. Después se filtraron y lavaron con 60 mL de etanol al 78%; 40 mL de etanol al 96% y 40 mL de acetona. Se colocaron los crisoles a secar para obtener los residuos se dividieron para analizar y obtener el porcentaje de proteína y el porcentaje de cenizas con estos valores por diferencia con respecto del valor de los residuos se obtuvo el valor de la fibra total integrada.

### Análisis estadístico

Los datos fueron tratados por un análisis de varianza (ANDEVA) de una sola vía. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey en un nivel de significancia de 0.05. Programa Sigma Plot 12.5.

## Resultados y Discusión

### Microscopia electrónica de barrido (MEB)

Los estudios de microscopia electrónica de barrido (MEB) mostraron la morfología de las harinas con gránulos de almidón de forma ovoide y elíptica (Fig.1). Formas similares fueron reportadas en un estudio realizado sobre almidón de oca (Cruz *et al.*, 2016). También se observan más aglomerados en HS debido probablemente al proceso de obtención de la harina secada por calor de convección. Leewatchararongjaroen y Anuntagool, (2016) reportaron este comportamiento en harinas de arroz debiéndose a la matriz de proteínas que causa la agregación de los gránulos de almidón.

### Difracción de rayos X

De acuerdo con los estudios de difracción de rayos X las harinas mostraron el patrón de cristalinidad de tipo B, característico de los tubérculos y raíces (Buleon *et al.*, 1998). Iniciando en el ángulo  $2\theta$  con  $5^\circ$  y presentando en la máxima intensidad relativa en  $16.9^\circ$  con porcentajes de cristalinidad de 55.97% para HL y de 43.49% para HS. Esto probablemente debido a que la estructura cristalina de los gránulos de almidón de la harina elaborada con *Oxalis tuberosa* secada por calor de convección se vio afectada principalmente por la reordenación de las estructuras intermoleculares y de doble hélice durante el tratamiento de calor-humedad (Hung *et al.*, 2017).

### Distribución de tamaño de partícula

En cuanto a tamaño de partícula en las muestras HL y HS se obtuvo una distribución de tamaño de partícula bimodal (Fig. 2) comportamiento igual fue reportado en harina de castaño por similares métodos de obtención por Ahmed y Al-Attar, (2015). El tamaño de partícula a 50% ( $D_{v50}$ ) de distribución de volumen de HL fue:  $48.5 \mu\text{m}$  y para la harina HS de  $75.92 \mu\text{m}$ . Posiblemente las partículas de menor tamaño se deban a la formación de más partículas porosas obtenidas por la sublimación del agua durante la liofilización (Krokida *et al.*, 1998).

### Contenido de almidón total

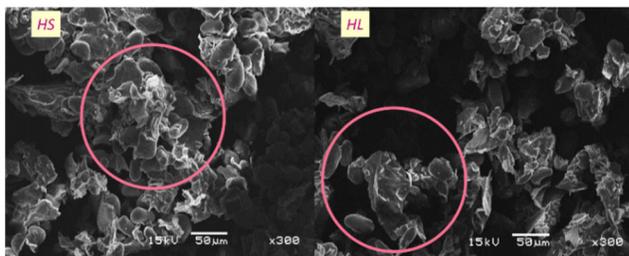


Figura 1. Micrografías de las harinas de *Oxalis tuberosa*.

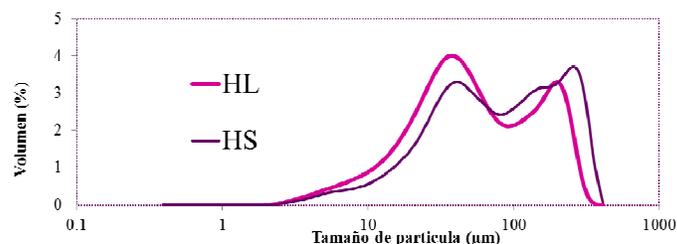


Figura 2. Gráfica distribución de tamaño de partícula de las harinas de *Oxalis tuberosa*.

Concerniente a los resultados de la determinación de almidón total se obtuvieron los siguientes valores: 39.79 % para HS y 44.86 % HL. Resultados similares fueron reportados por Attanasio *et al.*, (2004) en harina de castaño cuando la temperatura de secado se incrementa el contenido de almidón decrece. Esto es más evidente a temperaturas de  $50^\circ\text{C}$  y  $60^\circ\text{C}$  que corresponden a las temperaturas óptimas enzimáticas. Correia *et al.*, (2009), también observaron este fenómeno durante el secado de ñame debido al incremento de la acción combinada de las enzimas sobre el almidón principalmente  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, glucoamilasa y pululanasa cuya temperatura óptima de actividad oscila entre  $55^\circ\text{C}$  y  $60^\circ\text{C}$ . Si bien las enzimas tienen sus temperaturas óptimas también pueden iniciar su actividad a temperaturas menores a sus temperaturas óptimas.

### Fibra dietaria total integrada

También se obtuvieron los resultados de fibra dietaria integrada con valores casi del doble en HL con 19.13% mientras que en HS fue de 10.51%. Estos resultados

estuvieron influenciados mayormente por la temperatura del proceso de secado con aire caliente posiblemente al activarse las enzimas propias del almidón los contenidos de amilosa y fibra dietaria integrada disminuyeron por hidrólisis enzimática.

## Conclusiones

Como se observa en este estudio los métodos de secado: liofilización y calor de convección si afectan las propiedades morfológicas; estructurales y moleculares de las harinas. Hubo un mayor porcentaje de cristalinidad en HL; un tamaño de partícula menor en HL y una reducción del daño al almidón; se observaron más aglomeraciones en las microscopias de HS; diferencias en el contenido de almidón total y fibra dietaria integrada donde se obtuvieron valores más altos em HL. Este estudio puede ser el inicio en la investigación para que estas harinas puedan incorporarse en la industria de los alimentos para la elaboración de nuevos productos como componentes o ingredientes de alimentos funcionales. Esta investigación nos brinda conocimiento sobre la estructura de las harinas de *Oxalis tuberosa* obtenidas mediante dos condiciones de secado que puede ayudar a seleccionar el método de obtención de harinas y su posible aplicación en la industria alimentaria.

## Agradecimientos

Al **Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Hidalgo** por haberme aceptado y apoyado durante este periodo en el que desarrollé mi labor investigadora. Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos** por concederme la beca con la cual fue posible aventurarme en esta travesía. Mi más sincero agradecimiento al **Dr. Apolonio Vargas Torres** profesor investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, mi director de tesis por aceptar el reto de trabajar conmigo después de más de dos décadas alejada de los ámbitos académico y científico. A los **Dres. Heidi María Palma Rodríguez y Juan Pablo Hernández Uribe** del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por sus enseñanzas, sugerencias e ideas de las que tanto provecho he sacado. A la **Dra. Fabiola Araceli Guzmán Ortiz** profesor investigador en el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Hidalgo y al **Dr. Luis Arturo Bello Pérez y su equipo de investigación** del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional por la recepción, el apoyo y los medios recibidos en los Institutos donde desarrollé parte de mi labor investigadora.

## Referencias

1. Ahmed J., y Al-Attar H. (2015). *Food Hydrocolloids*. 2015, 51, 76.
2. Attanasio, G., Cinquanta, L., Albanese, D., and Di Matteo, M. *Food chemistry*. 2004, 88(4), 583.
1. Buléon A., Colonna P, Planchot V., and Ball S. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1998, 23, 85.

2. Correia, P., Leitão, A., and Beirão-da-Costa, M. L. *Journal of Food Engineering*, 2009, 90(3), 325.
3. Cortella A., R., y Pochettino M., L., *Starch/Stärke*. 1995, 47, 455.
4. Cruz, G., Ribotta, P., Ferrero C., Iturriaga, L. *Starch/Stärke*. 2016, 68, 1084.
5. Englyst, H. N., Kingman, S. M., and Cummings, J. H. *European journal of clinical nutrition*, 1992, 46, 33.
6. Hung P. V., Huongb N. T. M., Phic N. T. L., Tiena N. N. T. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017, 95, 299.
7. Krokida, M. K., Tsami, E., y Maroulis, Z. B. *Drying Technology*. 1998. 16(3–5), 667.
8. Leewatchararongjaroen, J. y Anuntagool, J. *Rice Science*. 2016, 23(5), 274–281.
9. McCleary, B. V., and Monaghan, D. A. *Journal of AOAC International*, 2002, 85(3), 665.
10. Palma Rodríguez, H. M. Caracterización de almidones de diferentes fuentes tratados con ácido para la encapsulación de vitamina C. Tesis, IPN, 2012.
11. Paredes-López, O., Schevenin, M. L., Hernández-López, D., and Cárabez-Trejo, A. *Starch-Stärke*, 1989, 41(6), 205.

# DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN DESHIDRATADOR SOLAR CON UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL EXCEDENTE DE LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE, EN LA REGIÓN ORIENTE DE MORELOS

J. Mendoza-Hernández<sup>1</sup>, M.L. Acosta-Miranda<sup>2</sup>, L. Ángeles-Hernández<sup>3</sup>, V.H. Antonio-López<sup>4</sup>, S.G. Puebla-Serrano<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> *Departamento de Ingeniería Industrial del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla-  
[juan.mendoza@itcuautla.edu.mx](mailto:juan.mendoza@itcuautla.edu.mx), [victor.antonio@itcuautla.edu.mx](mailto:victor.antonio@itcuautla.edu.mx)[@itcuautla.edu.mx](mailto:victor.antonio@itcuautla.edu.mx)* <sup>2,5</sup>

*Departamento de Ciencias Económico-Administrativas del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla, [monica.acosta@itcuautla.edu.mx](mailto:monica.acosta@itcuautla.edu.mx), [guillermit2009@hotmail.com](mailto:guillermit2009@hotmail.com)*

<sup>3</sup> *Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla- [leonor.angeles@itcuautla.edu.mx](mailto:leonor.angeles@itcuautla.edu.mx),*

**Área de participación:** Ciencia y Tecnología de alimentos (IBQ)

**Resumen:** El jitomate se cultiva en zonas templadas y cálidas, por lo que se ha extendido su producción en la región oriente del Estado de Morelos. El jitomate en el año 2016 cubrió el 90.67% de las importaciones a los Estados Unidos y el 65.31% a Canadá, pero debido a que este producto tiene una estacionalidad en la demanda entre los meses de Enero a Abril en ocasiones genera pérdidas para los agricultores, lo que hace necesario encontrar mecanismos para su conservación y/u otras formas de aprovechamiento. La construcción de un deshidratador solar podría resolver dicha problemática al utilizar los remanentes de producción buscando mantener su valor nutritivo original, permitiendo su conservación mucho tiempo. Con la finalidad de diseñar un prototipo de deshidratador solar que cubra las necesidades de los productores se trabajará con información de la Sociedad de Productores de jitomate “Santa Bárbara” sobre las características cuantitativas y cualitativas de su producción con un enfoque en la merma, al tiempo que se realiza la búsqueda documental que permita determinar las características del prototipo y los materiales más adecuados a utilizar considerando las condiciones climáticas de la zona.

Lo que se pretende es abatir, mediante el uso de energía sustentable, el problema de las pérdidas de las cosechas que se convierten en desecho, lo que a su vez genera una problemática más. Al disminuir las mermas se reducen los costos y los productores obtienen una ventaja competitiva a la vez que generan una diversificación de los productos que ofertan.

**Palabras clave:** Deshidratador solar, Productores de jitomate, Desperdicio o merma, Tecnologías, Clima.

## Introducción.

En la década de los 80, prevalecía la idea de que era necesario producir más para alimentar a la población mundial que crecía; sin embargo, en los últimos años se detectaron las dramáticas cantidades de desperdicio, las cuales serían suficientes para atender a todos los habitantes del planeta.

Las frutas y verduras son el alimento más desperdiciado en el planeta. De acuerdo con la FAO (Rivera López, 2018), mil 300 millones de toneladas se desperdician anualmente, equivalente al 44 por ciento de la producción. Los tubérculos, los cereales y la leche también representan altos niveles de despilfarro.

Difícilmente, una cadena de producción de alimentos carecerá de mermas; sin embargo, la tecnología e innovación en cada uno de los procesos contribuye a que sea menor.

Pero la tecnología e innovación se ha preocupado más en encontrar formas de producir más disminuyendo costos y no se ha considerado la merma generada por los excedentes de producción que, en ocasiones, abaratan a tal punto el producto que resulta más costoso al productor el cosecharlo que dejar que se desperdicie generando un nuevo problema: el aumento de los residuos y los efectos que estos provocan a la comunidad. De acuerdo con el Director de la Consultora WRAO, Richard Swaneell (2018) al año se desperdician 20.4 millones de toneladas de alimentos que representan el 34 por ciento de la producción nacional.

Algunas de las causas del desperdicio que permitieron identificar varias fuentes del derroche a lo largo de toda la cadena productiva fueron:

- Infraestructura inadecuada.
- Falta de infraestructura en el transporte, ya que no hay en el país suficientes camiones refrigerados para alargar la vida de los alimentos, lo que produce un enorme desperdicio durante la transportación.
- Falta de capacitación de la mano de obra en todos los eslabones de la cadena alimenticia.
- Los agricultores no saben producir adecuadamente los alimentos. Quienes empaacan y transportan no saben cómo manipular debidamente los productos y los vendedores no están capacitados para evitar la merma.
- La sobreproducción genera caída en los precios por lo que no resulta costoso cosechar y muchos productores prefieren dejar perder las cosechas.
- También existen problemas en las últimas etapas de la cadena productiva, debido principalmente a la distribución y almacenamiento insuficiente por lo que los alimentos tienen que viajar habitualmente más de lo deseable para cubrir la demanda de todos los grandes centros urbanos.

De acuerdo a la investigación que realizó el Dr. Aguilar para la FAO (Guerrero, 2018), el problema del desperdicio de alimentos se debe, en gran medida, a la vigencia de un paradigma de desarrollo que privilegió la abundancia en la producción de alimentos sin preocuparse lo suficiente por establecer una gestión adecuada de la comida producida. En los años 70 y 80 (del siglo pasado), el vertiginoso crecimiento de la población obligó a que los desarrollos científicos y tecnológicos se avocaran de manera especial a incrementar tanto como fuera posible la producción de alimentos en el mundo. “Esa fue y es hoy todavía la tendencia mundial”, dice Aguilar. “Todos los recursos institucionales se dedicaron durante décadas a producir más”.

Con la finalidad de apoyar al menos a un pequeño grupo de productores de jitomate de la Región Oriente del Estado de Morelos se pretende desarrollar un deshidratador solar automatizado de jitomate que permita aprovechar los excedentes de producción y permita reducir los costos a través de la diversificación de los productos.

El jitomate es considerada la hortaliza número uno en la cocina mexicana. La industria alimenticia actual procesa los jitomates en infinidad de formas, desde

zumos, purés, conservas de jitomates enteros y pelados, fritos, en componentes de diversas salsas, mermeladas, esencia para la elaboración de alimentos, saborizantes y otros productos. Se cultiva en zonas templadas y cálidas, prefiere suelos profundos, mullidos, bien aireados y con buena proporción de materia orgánica, con un PH ligeramente ácido (SAGARPA, El jitomate Mexicano, 2017). México es el principal proveedor mundial de jitomate con una participación en el mercado internacional de 25.11 % del valor de las exportaciones mundiales. En el mercado internacional, durante 2016 el jitomate mexicano cubrió 90.67 % de las importaciones de Estados Unidos y 65.31 % de Canadá. El Estado de Morelos es una región productora con un potencial de 271,250 hectáreas y una superficie cosechada al 2016 de 2,897.58 hectáreas que arrojan un rendimiento de 47.52 toneladas por hectárea (SAGARPA, El jitomate Mexicano, 2017)

Estas cifras indican que en Morelos existe un alto potencial de tierras con las características adecuadas para la producción de jitomate, pero con un bajo rendimiento de producción, lo que nos habla de un desperdicio en la producción de más del 50 % y si a este porcentaje le sumamos el desperdicio de alimentos que es del 39.3 % una vez ubicado en el mercado (Guerrero, 2018).

En el documento de Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 de SAGARPA se plantea como recomendaciones para las regiones 8, 9 y 10 que comprenden los Estados de Morelos, Guerrero, Puebla, Oaxaca y Estado de México; promover la captación de agua de lluvia, poner en marcha centros de empaque, elaborar planes de negocios, estudios de mercado, plan financiero, registro de marcas y estudios de tiempos y movimientos; por lo que el proyecto planteado abona a estas recomendaciones, ya que no solo contempla, en su segunda etapa, la elaboración de un plan de negocios, sino que incluye el aprovechamiento de la producción a través de la diversificación ofreciendo productos deshidratados derivados de lo que a la fecha son desperdicio.

La construcción de un deshidratador solar basado en la aplicación de una tecnología sencilla y adecuada para ser utilizada por pequeños productores o industrias comunitarias permitirá el aprovechamiento de ese producto hasta ahora desaprovechado. La utilización de un deshidratador solar presenta ventajas prácticas y económicas ya que al contar con un medio para conservar los alimentos, el desperdicio que se genera por la sobreproducción se ve reducido, se pueden aprovechar los productos en temporada, cuando se abaratan y conservarlos deshidratados para utilizarlos cuando estén fuera de temporada mejorando la alimentación y la economía, reduciendo el consumo de productos chatarra que utilizan una gran cantidad de conservadores. Se promueve el consumo de los productos de la región y se ayuda a los productores a mejorar el aprovechamiento de sus cosechas.

Con este proyecto se pretende favorecer la vinculación entre los productores de la región y el Instituto Tecnológico de Cuautla fomentando la colaboración y solidaridad de estudiantes con las actividades de la comunidad.

En esta primera etapa del proyecto se trabajará con la información proporcionada por la Sociedad de Productores de jitomate "Santa Bárbara" ubicados en la región

oriente del Estado de Morelos y que está conformada por productores de las localidades de Amayuca, Jantetelco, Chalcaltzingo, y Tenango para definir lo mejor posible las características del prototipo de deshidratadora que resulte más adecuado a las necesidades de los productores, con el objetivo de determinar los componentes principales del deshidratador, así como los costos de producción y establecer las diferentes etapas del proceso y evaluar las cantidades de producto deshidratado a obtener con la finalidad de determinar su factibilidad, así como determinar las características del producto final y precios de venta aspectos clave para definir una ventaja competitiva en el mercado.

Con esta información será posible, en una segunda etapa del proyecto, diseñar el plan de negocios para la comercialización del producto deshidratado.

### **Fundamento Teórico**

En Morelos el valor de la producción agrícola mantiene un crecimiento sostenido en los últimos cinco años, en 2017 alcanzó el nivel más alto en la historia al lograr un valor de nueve mil 745 millones de pesos, lo cual representa un incremento de dos mil 264 millones de pesos respecto al generado en 2012. Lo anterior de acuerdo al reporte del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (SAGARPA, 2017), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.

El documento señala que en 2017: El valor de la producción agrícola fue de siete mil 326.65 millones de pesos y los cinco productos que generaron el mayor valor de la producción son:

- Caña de azúcar, con 26 por ciento
- Jitomate, 11.72 por ciento
- Sorgo, 9.61 por ciento
- Nopal, 8.83 por ciento
- Elote, 7.96 por ciento

Por lo que es de suma importancia buscar la manera de aprovechar toda esta producción con la finalidad de abatir por una parte la falta de alimentos en algunos sectores de la población y por otra el aumento de desperdicio que genera problemas ambientales al tiempo que los productores agrícolas de la zona Oriente del Estado de Morelos no tengan pérdidas de ningún tipo.

La solución propuesta consiste en la construcción de un deshidratador solar que se base en la aplicación de una tecnología sencilla y apropiada para ser utilizado a nivel de pequeños productores. Su aplicación permitirá el aprovechamiento de la totalidad de producción de jitomate manteniendo su valor nutritivo original y sus características organolépticas (sabor, color, olor y textura), a través de un proceso de secado que elimina de los alimentos la cantidad de agua requerida para evitar las condiciones que pudieran favorecer la aparición de efectos destructivos como moho, levaduras, bacterias y enzimas, es decir, hace al producto más resistente a daños y, por lo tanto, se puede conservar más tiempo.

La utilización de un deshidratador solar proporciona varias ventajas desde el punto de vista práctico y económico. Además de evitar las pérdidas del producto por el desperdicio que se puede tener a causa de una sobreproducción que genera una baja en el precio de venta permitiendo conservarlos deshidratados para utilizarlos en forma de golosinas nutritivas, saludables y económicas u otro tipo de productos.

La deshidratación, es uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos conocido por el hombre. La deshidratación extiende la vida útil de los alimentos obteniendo productos con mayor valor agregado. Esto permite disponer de frutas y hortalizas durante todo el año y evita la pérdida de los excedentes de producción y consumo. Asimismo, favorece la creación de microempresas familiares y las economías regionales.

El proceso involucra la remoción de la mayor parte del agua del alimento para evitar la actividad enzimática y el desarrollo de microorganismos. La deshidratación genera estabilidad microbiológica y química, disminuye el peso y volumen, reduce el empaque, costos de almacenamiento y transporte, además permite el almacenamiento del producto a temperatura ambiente por largos períodos de tiempo.

Prácticamente se puede deshidratar cualquier fruta u hortaliza. Generalmente se deshidratan aquellas que tienen una corta vida útil o los excedentes de producción primaria. Entre las frutas y hortalizas frecuentemente deshidratadas encontramos: Ciruelas, uvas, damascos, duraznos, peras, manzanas, higos, piñas, arándanos, cerezas, bananas, kiwis, frutillas, choclos, arvejas, cebollas, tomates, zanahoria, zapallo, ajo, espinaca, puerro, pimientos, perejil, orégano, albahaca, repollo, zapallitos, entre otros (INTA, 2018).

Las ventajas de la conservación de los alimentos a través de la deshidratación son las siguientes:

- Aunque se haya deshidratado un alimento, se puede volver a su estado anterior hidratándolo de nuevo.
- Sus propiedades nutricionales se conservan casi en su totalidad.
- Al tener un tamaño menor, se pueden guardar mayor cantidad de alimentos en el mismo espacio.
- El tiempo de conservación es prolongado, y se pueden encontrar en cualquier temporada del año.
- Muchos alimentos deshidratados, especialmente la fruta, se usa como tentempié, y además son muy sanos.
- Cuando se deshidratan los alimentos es en su momento de madurez, por lo que el alimento que se consigue es de muy buena calidad.
- Se puede deshidratar casi cualquier tipo de alimento, vegetales, granos, carnes, pescado (muy común en Asia), frutas, semillas, algas, etc.

Sin embargo este proceso también presenta algunas desventajas:

- Los alimentos deshidratados son ricos en calorías en comparación con los alimentos frescos. Esto se debe a una reconcentración de nutrientes. Al final, un manzana fresca tiene las mismas calorías que una manzana deshidratada, pero 100 gramos de manzana fresca tiene 3 veces menos calorías que 100 gramos de manzana deshidratada.
- Durante el proceso de deshidratación se pueden perder algunas vitaminas A y C, tiamina, riboflavina y niacina.

Por lo anterior es necesario controlar de forma cuidadosa el proceso de deshidratación para evitar la pérdida de los valores nutricionales que nos aportan los alimentos situación que se pretende atender automatizando el deshidratador.

### **Metodología**

Con la finalidad de recabar información para la realización del proyecto se recurrirá tanto a fuentes primarias como secundarias. Primero se atenderá a las fuentes documentales (secundarias) elaborando fichas de trabajo que permitan concentrar y resumir la información que se considere pertinente, lo que servirá de base para construir el marco teórico y conceptual que de forma a un cuerpo de ideas sobre el objeto de estudio para posteriormente efectuar una revisión al planteamiento del problema.

El enfoque de la investigación se considera que sea mixto (cuantitativo y cualitativo) ya que es necesario contar con cifras sobre producción y mermas, algunos aspectos climáticos de la zona, lo que se considera son aspectos cuantitativos, así como conocer las características de los productos, condiciones ambientales y factores que afectan a la producción y generan el desperdicio. (Parte cualitativa). Para ello se recurrirá las fuentes primarias mediante la aplicación de encuestas y/o realización de entrevistas a los integrantes de la Asociación de Productores de Jitomate.

El cuestionario a utilizar será formulado en atención a las interrogantes y los objetivos específicos de la investigación y buscará corresponder a la operación de las variables en sus dimensiones e indicadores, con preguntas cerradas policotómicas, con escalas aun no definidas.

Respecto a las entrevistas, estas se consideran importantes ya que es un instrumento de gran precisión que se fundamenta en la interrelación humana, combina los enfoques prácticos, analíticos e interpretativos en todo proceso de comunicación (Galindo Cáceres, 1998).

Posteriormente se procederá a la interpretación de datos: recuento, interpretación de escalas mediante el análisis de frecuencias y/o cálculo de extrapolación para realizar el análisis y graficar los resultados para facilitar su interpretación.

Con la información recabada se estará en condiciones de definir las características más adecuadas para el diseño del prototipo, así como seleccionar los materiales más convenientes de acuerdo a las condiciones ambientales de la región y a los requerimientos de los productores.

## Resultados y Discusión

Al ser este un proyecto que apenas inicia con el se pretende impactar en el logro de las metas establecidas en el PIDD 2013-2018 del Instituto Tecnológico de Cuautla (ITC, 2015) particularmente lo establecido en el objetivo 4. Impulsar la ciencia, la tecnología y la innovación; en la Estrategia 4.1. Impulsar el desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas con enfoque en la vocación productiva de las regiones de la zona de influencia del Instituto y áreas aledañas, en las líneas de acción 4.1.3. Orientar el desarrollo de la actividad científica, tecnológica y de innovación, con enfoque sustentable, hacia las áreas prioritarias regionales, en este caso en particular, en los productores de Jitomate de la región oriente del Estado de Morelos, ya que al deshidratar lo que actualmente es considerado una merma en su producción, generarían la reducción de su costo en el mercado, facilitando el acceso del producto a la población de escasos recursos económicos, así mismo generando un ahorro de energía y beneficiando al medio ambiente.

Respecto a los beneficios institucionales, se pretende apoyar en la renovación de perfil deseable de los docentes involucrados, propicia la participación de 6 estudiantes en el programa de residencia Profesional y 3 como servicio social.

## Conclusiones

El ingenio, cambió la necesidad del hombre para la adaptación a modificación del entorno, llevando esto a usar diversas fuentes de energía y tecnologías: la energía solar es en el Estado de Morelos una oportunidad de desarrollo, en este caso para los productores de jitomate ya que se pretende aprovechen al máximo su producción con lo que hasta el momento se considera merma, al tiempo que diversifiquen sus productos logrando así una reducción de costos que se traducirá en ventaja competitiva.

## Referencias

- CEUPE. (2017). *La deshidratación de los alimentos*. Obtenido de Centro Europeo de Posgrado: <https://www.ceupe.com/blog/la-deshidratacion-de-los-alimentos.html>
- Galindo Cáceres, L. J. (1998). *Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación*. México: Pearson Educación.
- García, I. (3 de abril de 2018). *Agencia Informativa Conacyt*. Obtenido de Alimentos deshidratados para conservar nutrientes y ahorrar energía: [www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/salud/20497-alimentos-deshidrtados-nutrientes-energia](http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/salud/20497-alimentos-deshidrtados-nutrientes-energia)
- Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Guerrero, A. L. (2018). *LA lucha por abatir el desperdicio de alimentos en México*. Agencia Informativa Conacyt. México: Conacyt Prensa. Recuperado el 11 de diciembre de 2018, de <http://conacytprensa.mx/index.php/reportajes-especiales/22910-desperdicio-alimentos-iniciativas-mexico>
- INTA. (2018). *Cursos de autoaprendizaje*. Obtenido de Deshidratación: [http://procadisaplicativos.inta.gob.ar/cursosautoaprendizaje/deshidratacion/l7\\_p2.html](http://procadisaplicativos.inta.gob.ar/cursosautoaprendizaje/deshidratacion/l7_p2.html)

- Mediavilla, M. (1 de septiembre de 2013). *Universidad de Valladolid*. Obtenido de Grupo de energía, economía y dinámica de sistemas:  
[http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?page\\_id=141](http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?page_id=141)
- Medina, I. (2015). *Estudio del Proceso de Deshidratación de alimentos Frutihortícolas: Empleo de Microondas y Energía Solar*.
- Ochoa Reyes, E. e. (2013). Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL.). (U. d. Sonora, Ed.) *Biotecnia*, XV(2), 39-46.
- Parzanese, M. (S/f). *Alimentos Argentinos*. Obtenido de Tecnologías para la Industria Alimentaria Liofilización de Alimentos:  
[http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_03\\_Liofilizados.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizados.pdf)
- Rivera López, O. (02 de enero de 2018). ¿Sabes cuantas toneladas de comida tira México a la basura? *El Universal*. Recuperado el 7 de diciembre de 2018, de <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/sociedad/mexico-desperdicia-20-millones-de-toneladas-de-comida>
- SAGARPA. (2017). *El jitomate Mexicano*. Obtenido de Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: [www.gob.mx/sagarpa](http://www.gob.mx/sagarpa)
- SAGARPA. (9 de Enero de 2017). *Reporte del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de SIAP: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Swaneell, R. (12 de octubre de 2018). *Forbes*. Obtenido de Desperdicio de alimentos en México: <https://www.forbes.com.mx/desperdicio-de-alimentos-en-mexico-cuesta-25000-mdd-al-ano/>
- Weatherspark. (s/f). *Waetherparsk.com*. Obtenido de Clima promedio en Cuautla: <https://es.weatherspark.com/y/6484/Clima-promedio-en-Cuautla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

# ULTRAFILTRACIÓN EN FLUJO TANGENCIAL DE JUGO DE TIMBIRICHE

Hurtado, G. N.<sup>1</sup>, Hernández, D. W. N.<sup>1</sup> y Hernández, C. F. J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Zacatepec. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Calzada Tecnológico #27 Col. Plan de Ayala, CP 62780, Zacatepec de Hidalgo, Morelos.

noeliahurtado92@gmail.com, wendy.hd@itzacatepec.edu.mx, francisco.hc@itzacatepec.edu.mx

*Área de participación: Bioprocesos*

**Resumen:** En el presente trabajo se utilizó la ultrafiltración de flujo tangencial (UF) para procesar el jugo de Timbiriche (*Bromelia hemisphaerica*). El efecto de la presión transmembrana ( $\Delta P_{TM}$ ) sobre el ensuciamiento de la membrana (30 kDa MWCO) se evaluó midiendo la resistencia mecánica ( $R_M$ ), de la capa de polarización ( $R_c$ ) y de la adsorción de poros ( $R_A$ ), y también variables de eficiencia de proceso como la selectividad ( $\Psi$ ), el factor de purificación ( $P$ ), el permeado en flujo estacionario ( $J_{ss}$ ), el rendimiento de recuperación de la hemisfericina ( $Y$ ) y actividad enzimática ( $A_e$ ). Se utilizaron los valores de 41, 49, 58, 60, 62 y 66 PSI. De acuerdo con los resultados obtenidos, la hidrodinámica representada por los cambios en la  $\Delta P_{TM}$ , tiene un efecto significativo en el fenómeno de ensuciamiento de la membrana; para el caso del comportamiento del flux de permeado en estado estacionario ( $J_{ss}$ ), se observa una dependencia de éste respecto a la  $\Delta P_{TM}$ , la cual solo tiene un efecto significativo sobre la selectividad ( $\Psi$ ) y el factor de purificación ( $P$ ).

## Introduction.

En 2013, se calculó que el mercado global de las enzimas era de alrededor de 4.5 billones de dólares y se esperaba que crezca para el 2020 a un ritmo del 8.3% y alcance cifras de más de 7.5 billones de dólares. El impacto de las enzimas en procesos industriales es ya una realidad y continúa en amplio crecimiento (Castillo and Rodríguez 2014).

Las industrias de biotecnología ha utilizado ampliamente la ultrafiltración en la separación y filtración de proteínas, por ejemplo, la extracción de enzimas (Li *et al* 2013), debido a las ventajas de bajo costo, alta eficiencia energética y calidad constante del producto (Norazman *et al* 2013).

Saran and Umesh en 2013 aplicaron extracción micelar inversa (RME) para la purificación primaria de la bromelina del núcleo de piña. Lograron una purificación de la bromelina de 3.96 veces y la recuperación de la actividad fue de 78.90%. Los métodos de precipitación con acetona y sal de amonio dieron como resultado una purificación de 4.90 y 3.07 veces en condiciones optimizadas. Los estudios indican que la extracción seguida de RME o el método de precipitación podrían emplearse para la separación y purificación de la bromelina del extracto obtenido a partir del núcleo de piña.

Sala *et al* en 2014 purificaron queratinasa mediante un proceso de dos etapas en un sistema acuoso de dos fases integrado a ultrafiltración en modo de diafiltración que presentó un factor de purificación de 6.1 veces y una recuperación enzimática

de 56.3%. La queratinasa purificada fue capaz de hidrolizar sustratos de proteínas tanto solubles como insolubles de manera más eficiente que la enzima cruda, lo que demuestra el efecto beneficioso de la purificación enzimática en su actividad catalítica.

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de jugo y extracción**

Se peló el fruto y se eliminó la semilla para poder aplastar la pulpa del fruto con un mortero y un pistilo. Después, se tomó una alícuota del extracto y se diluyó 1:10 con agua desionizada. A esta solución se le ajustó el pH a un valor de 5.5.

## **Ensayos analíticos**

### **Cuantificación de proteína total y actividad proteolítica**

La concentración de proteínas totales fue determinada por el método de Bradford (1976) y se hizo la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 595 nm en un espectrofotómetro. Se realizó una curva tipo con albumina de huevo como estándar a diferentes concentraciones para determinar la concentración de proteína presente en la muestra.

La determinación de actividad proteolítica se realizó por el método de Kunitz (1974) y se aplicó el método de Lowry para la revelación de aminoácidos libres en la reacción catalítica de la hemisfericina sobre la caseína (actividad proteolítica). Se realizó una curva tipo con tirosina como estándar y se tomaron lecturas a 622 nm en el espectrofotómetro.

### **Cuantificación de azúcares totales**

Se realizó por el método de Antrona y se leyó la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 622 nm. Se realizó una curva estándar con una solución de sacarosa/dextrosa a diferentes concentraciones y se hizo la lectura a 622 nm.

## **Experimentos de Ultrafiltración**

### **Sistema de Ultrafiltración y condiciones de la filtración de Timbiriche**

El sistema de UF utilizado fue un casete de UF tangencial Pellicon XL (Millipore-Merck) con una membrana de polietersulfona (30 kDa MWCO), con un área de 50 cm<sup>2</sup>. La capacidad del reservorio fue de 700 ml de solución, se cuantificó el permeado y para la recolección de datos se utilizó una balanza analítica y una computadora con un programa de datos de adquisición automática WinWedge. El proceso UF del jugo de Timbiriche se llevó a cabo a valores de  $\Delta P_{TM}$  constantes (41, 49, 58, 60, 62 y 66 PSI), con un volumen inicial de jugo de 600 mL. Cada UF duró 4.5 h, se midieron los volúmenes de permeado y retenido, y se llevaron a cabo ensayos analíticos.

### Determinación de las Resistencias

La determinación de las diferentes resistencias se realizó con agua desionizada con el casete UF a diferentes valores de  $\Delta P_{TM}$  (32.5, 35, 37.5 y 40 PSI). La presión utilizada se mantuvo constante hasta que la región de  $J_{ss}$  alcanzó condiciones estacionarias. Los datos generados se utilizaron para calcular las diferentes resistencias con el método de Cheryan Munir (1986). La  $R_M$ , se midió con la membrana limpia; la  $R_T$ , se midió inmediatamente después de que se realizó la UF del jugo de Timbiriche; la  $R_A$ , después de que se eliminó la capa de polarización.

### Análisis de los datos

La eficiencia del proceso de UF se evaluó mediante parámetros de selectividad y factor de purificación. La selectividad ( $\Psi$ ) es un valor adimensional definido por:

$$\Psi = \frac{S_1}{S_2} \quad (1)$$

donde  $S_1$  y  $S_2$  son los coeficientes de separación observados para los solutos contaminantes (azúcares y proteínas no proteolíticas) y la Hemisfericina, que se han calculado con la siguiente ecuación:

$$S_X = \frac{C_f}{C_s} \quad (2)$$

donde  $C_f$  and  $C_s$  son las concentraciones específicas de soluto en el filtrado y la alimentación respectivamente.

El factor de purificación (**P**) para la Hemisfericina en el retenido se define:

$$P = \frac{\frac{(VC_2)_F}{(VC_2)_i}}{\frac{(VC_1)_F}{(VC_1)_i}} \quad (3)$$

donde  $V$  es el volume de trabajo,  $C_1$  and  $C_2$  son la concentración de solutos contaminantes y la Hemisfericina respectivamente. Los subíndices  $I$  y  $F$ , corresponden a la condición inicial y final respectivamente.

El rendimiento de recuperación de Hemisfericina (**Y**) se define como:

$$Y_2 = \frac{(VC_2)_r}{(VC_2)_i} \quad (4)$$

donde  $V$  y  $C_2$  son el volumen y la concentración de la proteasa y los subíndices  $r$  e  $i$  representan el retenido y la alimentación.

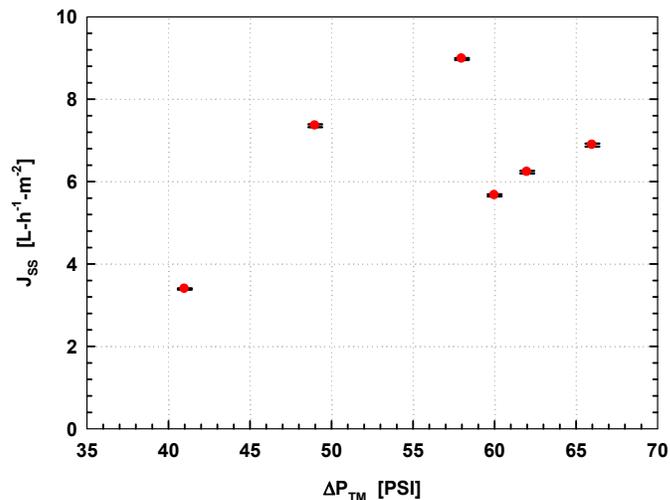
La actividad enzimática (**Ae**) se define como:

$$Ae = \frac{Ap_i}{Ap_r} \quad (5)$$

en donde  $A_{p_i}$  y  $A_{p_r}$  son la actividad proteolítica del jugo alimentado y del retenido respectivamente.

## Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran los valores promedio del flux de permeado en estado estacionario para cada uno de los valores de  $\Delta P_{TM}$  utilizados en los experimentos de UF del jugo de Timbiriche.

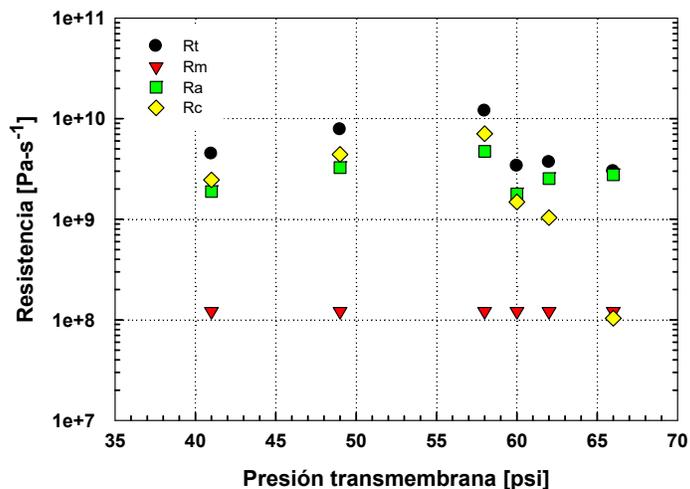


**Figura 1.-**  $J_{ss}$  contra  $\Delta P_{TM}$  para cada uno de los experimentos de UF realizados a los diferentes valores de presiones utilizados.

En la misma se puede observar que existe un aumento en el valor del  $J_{ss}$  conforme aumenta la  $\Delta P_{TM}$ , teniendo un punto de inflexión a los 60 PSI, en donde hay un descenso en el valor de  $J_{ss}$ , y a partir de ese punto vuelven a incrementar los valores de  $J_{ss}$  respecto a la  $\Delta P_{TM}$ .

La caída drástica del valor de  $J_{ss}$  a la presión de 60 PSI, sugiere un incremento en la resistencia a la transferencia de masa, lo cual puede ser ocasionado por la compactación de los solutos depositados sobre la superficie de la membrana, disminuyendo con esto los espacios entre partículas, y/o un incremento en la cantidad de poros taponados.

En la Figura 2 se muestra el efecto de la  $\Delta P_{TM}$  sobre las diferentes resistencias calculadas con el método de Cheryan Munir (1987).



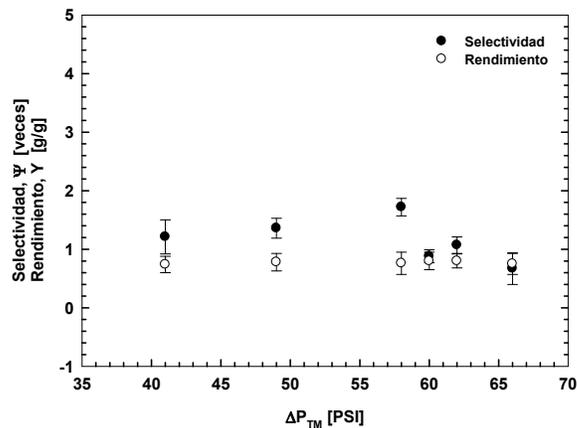
**Figura 2.-** Efecto de presión transmembrana sobre las diferentes resistencias obtenidas durante la UF del jugo de Timbiriche con una membrana de polietersulfona (30 kDa MWCO).

Al igual que con el comportamiento de  $J_{SS}$  con respecto a  $\Delta P_{TM}$ , podemos observar dos comportamientos diferentes, siendo de nueva cuenta el valor de  $\Delta P_{TM}$  de 60 PSI el punto de inflexión. En un inicio, para valores de  $\Delta P_{TM}$  entre 41 a 58 PSI se tienen valores de  $R_C$ ,  $R_A$  y  $R_T$  que incrementan de manera proporcional al incremento de  $\Delta P_{TM}$ , siendo este comportamiento prácticamente lineal para los tres tipos de resistencia. También podemos observar que de manera consistente los valores de  $R_C$  son mayores a los de  $R_A$ . Sin embargo, para las ultrafiltraciones de jugo que se realizaron a 60, 62 y 66 PSI se tuvo un decaimiento general en los valores de las resistencias, siendo el más drástico el de  $R_T$ . También puede observarse que a estas presiones, los valores de  $R_A$  son consistentemente mayores con respecto a los de  $R_C$ , siendo esta diferencia mayor al incrementar la  $\Delta P_{TM}$  (comportamiento opuesto al obtenido a presiones por debajo de 60 PSI).

Por otro lado, el comportamiento en los valores de la  $R_M$  fue constante a lo largo de todos los experimentos, lo cual demuestra que la estrategia de limpieza empleada fue adecuada y que la membrana no sufrió daño estructural (poros colapsados por debilitamiento de paredes, o fracturas en el material filtrante) a lo largo de la experimentación.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la Selectividad ( $\Psi$ ) y el Rendimiento ( $Y$ ) obtenidos durante el proceso de UF del jugo de Timbiriche a los diferentes valores de  $\Delta P_{TM}$  evaluados.

Como se puede observar, los valores de  $Y$  no tienen cambios significativos dentro del rango de  $\Delta P_{TM}$  empleado, lográndose una recuperación aproximada de entre el 75 al 80 % de la Hemisfericina que se encuentra en el jugo alimentado al proceso de UF.

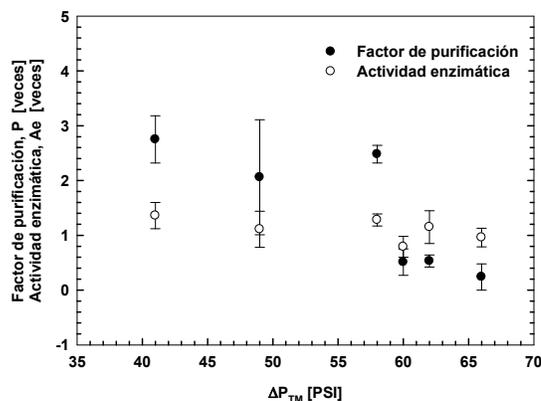


**Figura 3.-** Selectividad ( $\Psi$ ) y Rendimiento ( $Y$ ) obtenidos durante el proceso de **UF** del jugo de Timbiriche a los diferentes valores de  $\Delta P_{TM}$  evaluados.

Este comportamiento está dentro de lo esperado ya que aquellas variables que pueden ocasionar cambios en la interacción entre los solutos y la membrana o bien en la conformación de los solutos como lo son el pH y la fuerza iónica se mantuvieron constantes durante todos los experimentos. Resultados similares fueron reportados por Becerro en 2012 para la **UF** de jugo diluido de Timbiriche (pH = 5.5 en ausencia de NaCl) empleando un sistema de flujo pistón con membranas de celulosa regenerada de 30 kDa.

El valor máximo de  $\Psi$  que se alcanzó fue de  $1.82 \pm 0.15$  veces a la presión de 58 PSI, este es significativamente mayor con respecto a los demás valores de  $\Psi$  que se obtuvieron y al que reporta Becerro en 2012 (1.00 veces).

En la Figura 4 se muestran los valores del factor de purificación (**P**) y la actividad enzimática (**Ae**) obtenidos durante el proceso de **UF** del jugo de Timbiriche a los diferentes valores de  $\Delta P_{TM}$  evaluados.



**Figura 4.-** Factor de purificación (**P**) y actividad enzimática (**Ae**) obtenidos durante el proceso de **UF** del jugo de Timbiriche a los diferentes valores de  $\Delta P_{TM}$  evaluados.

Se puede observar que en el caso de la **Ae** los valores se encuentran entre 0.8 a 1.37 sin que exista una diferencia significativa entre ellos.

En el caso de los valores de **P**, en general se observa que este decreciente conforme se incrementa la  $\Delta P_{TM}$ , pero también se distingue que a presiones por debajo de 58 PSI estos valores son significativamente mayores que los que se obtienen a valores de presión por arriba de 60 PSI. En este caso, el mejor valor de **P** ( $2.75 \pm 0.29$ ) se obtuvo a 41 PSI, aunque la diferencia que se tuvo con respecto a lo obtenido a las presiones de 49 y 58 PSI no fue significativa.

## Conclusiones

En el caso del comportamiento del flux de permeado en estado estacionario (**J<sub>ss</sub>**), también se observa una dependencia de la  $\Delta P_{TM}$ , en este caso el valor más alto se obtiene a 58 PSI posterior a esta presión se da un decremento significativo de **J<sub>ss</sub>**, mismo que podría estar ligado a una efecto potenciado por la combinación de la acumulación de solutos sobre la superficie de la membrana y el porcentaje de poros taponados. Este fenómeno, se ve minimizado al aumentar la presión (62 y 66 PSI), ya que la turbulencia generada permite eliminar los solutos superficiales ocasionando que los valores de **R<sub>c</sub>** sean similares a los de la **R<sub>M</sub>**, esto es eliminando casi por completo esta resistencia a la transferencia de masa.

Con respecto a las variables de eficiencia del proceso, se concluye que la  $\Delta P_{TM}$  solo tiene un efecto significativo sobre la selectividad (**Ψ**) y el factor de purificación (**P**), en donde para ambos casos las presiones menores a 58 PSI favorecieron su comportamiento por sobre el que se tiene a presiones mayores a 60 PSI. Esto se debe a que ambas variables dependen de la relación entre la cantidad de solutos contaminantes con respecto a la cantidad de Hemisfericina y al tener un mayor porcentaje de poros taponados a presiones por arriba de 60 PSI, disminuye la cantidad de solutos contaminantes que se pueden eliminar en el permeado.

## Agradecimientos

Al CONACyT por la beca otorgada para los estudios de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en la cual se desarrolló el presente trabajo.

## Referencias

1. Alele, N. and Ulbricht, M. (2016). Membrane-based purification of proteins from nanoparticle dispersions: Influences of membrane type and ultrafiltration conditions. *Separation and Purification Technology*, 158, 171–182.
2. Becerro, J. (2012). PURIFICACIÓN PARCIAL DE HEMISFERICINA MEDIANTE ULTRAFILTRACIÓN. Instituto Tecnológico de Zacatepec, Zacatepec, Morelos.
3. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of dye binding. *Anal Biochem.* 72, 248 254.
4. Castillo, E. & Rodríguez, M. (2014). Enzimas aplicadas en procesos industriales. *Revista digital universitaria*, 15, 1-11.

5. Córdova, A. et al. (2016). Assessment of the fouling mechanisms of an ultrafiltration membrane bioreactor during synthesis of galacto-oligosaccharides: Effect of the operational variables. *Desalination*, 393, 79–89.
6. Kunitz, M (1947). Crystalline soybean trypsin inhibitor. *J. Gen. Physiol.*, 30, 291-310.
7. Li, Q. *et al.* (2013). A novel ultrafiltration (UF) membrane with controllable selectivity for protein separation. *Journal of Membrane Science*, 427, 155-167.
8. Munir Cheryan. (1987). Membrane properties. In *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*, 71-107. 2nd ed. CRC Press.
9. Norazman, N. *et al.* (2013). Evaluation of chemical cleaning of UF membranes fouled with whey protein isolates via analysis of residual protein components on membranes surface. *Separation and Purification Technology*, 103, 241-250.
10. Roslan, J. *et al.* (2018). Evaluation on performance of dead-end ultrafiltration membrane in fractionating tilapia by-product protein hydrolysate. *Separation and Purification Technology*, 195, 21-29.
11. Sala, L. *et al.* (2014). Integration of ultrafiltration into an aqueous two-phase system in the keratinase purification. *Process Biochemistry*, 49, 2016-2014.
12. Saran, R. and Umesh, H. (2013). Extraction of bromelain from pineapple core and purification by RME and precipitation methods. *Separation and Purification Technology*, 111, 90-97.

## ORDENAMIENTO DE CRISTALES DE CELULOSA Y PROPIEDADES ELÉCTRICAS

J. A. Hernández-Flores<sup>1</sup>, C. F. Castro-Guerrero<sup>2</sup>, M. R. Díaz-Guillén<sup>3</sup>, U. León-Silva<sup>3</sup>, A. B. Morales-Cepeda<sup>4</sup>, Filemón Delgado-Arroyo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Ave. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Mor. - [alfredohf1009@gmail.com](mailto:alfredohf1009@gmail.com) <sup>2</sup> CONACyT-Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, Reforma 113, Col. Palmira, Cuernavaca, Mor. - [cfcastrogu@conacyt.mx](mailto:cfcastrogu@conacyt.mx) <sup>3</sup> Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, Reforma 113, Col. Palmira, Cuernavaca, Mor. - [mario.diaz@ineel.mx](mailto:mario.diaz@ineel.mx) <sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Juventino Rosas y Jesús Urueta s/n, Col. Los Mangos - [abmoralesc@itcm.edu.mx](mailto:abmoralesc@itcm.edu.mx)

*Área de participación: Materiales Poliméricos*

**Resumen:** Cellulose nanocrystals is a natural material that is derived from cellulose. They are a crystalline material and conserve some of the properties of cellulose. The nanocrystals have been used for a wide range of applications. Cellulose is a material used in dielectric applications. The higher crystallinity of the cellulose nanocrystals make them a promising material for applications as a dielectric material, as the higher crystallinity of the cellulose nanocrystals make the less hygroscopic and more stable chemically and thermally.

### Introducción

Cellulose nanocrystals (CNC) is a material derived from cellulose [1]. CNC is derived from cellulose, a polymeric material found on nature. CNC is a biodegradable and non-toxic material, and with interesting mechanical properties, this is due to the fact that during the extraction process the crystalline parts of the material are obtained. Cellulose is a dielectric material widely used on the electrical industry. Cellulose is a polymer that is produced by plants, algae, tunicates, marine animals, etc [2]. Cellulose is formed by many cellobiose units that repeat many times; these cellobiose units are in turn composed by two glucose molecules. The cellobiose units are composed of the following groups: hydrocarbons, ethers and hydroxyl groups, all of them can be found on infrared spectra of cellulosic samples. Each single molecule of cellulose has three hydroxyl groups, these groups are responsible for many of the properties that cellulose has. The hydroxyl groups forms hydrogen bonds, the oxygen and hydrogen atoms of cellulose create the hydrogen bonding, this intermolecular force confers cellulose crystallinity, as the the hydrogen bonds forms physical links between cellulose chains. The hydroxyl groups are also. Cellulose has crystalline parts and amorphous parts. The functional groups and physical configuration of cellulose contribute to the properties of this material. The dielectrical properties of cellulose enable for using on parts where a material with dielectrical properties is required. One example is power transformers. The dielectric properties of cellulose is shaped by several factors, such as, humidity on the material and the thermal stability of it. Humidity severely affects the dielectrical properties of the material, affecting too the performance of the device where cellulose is used [3]. Cellulosic materials should have a value of 0.5 wt% of humidity or lower [4] for a good performance of the device. The amorphous parts of cellulose have more tendency to capture humidity than the crystalline parts, these parts are less available

to humidity due to the order that the crystalline parts have. As mentioned before, CNC is a highly crystalline material, this means that is less susceptible to capture humidity from the environment. The advantages of the higher crystallinity of CNC is that is less hygroscopic, and is more stable thermally and chemically. CNC has the dielectrical behavior of cellulose, but with a more crystalline content. In this paper, we explore the crystalline order of CNC and the electrical properties of CNC.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Cellulose powder was used to make CNC's. Cellulose was placed in glass reactor with 17.5 mL of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 64 wt%, and let to react at 45°C for 45 min. After the reaction, the solution was diluted by a factor of 10 with cold distilled water and let to settle, after it, the supernatant was discarded. The collected cellulose nanocrystals were dialyzed until the pH of effluent remained constant or neutral. The purified nanocrystals were sonicated using a Sonics Vibracel VCX 750 sonicator, at 65% output, until a colloidal suspension formed. The resulting solution was filtered using Whatman glass-microfiber filters, for removing impurities introduced during sonication. The CNC suspension was dialyzed again for 2 days. Finally, the CNC suspension was spiked with toluene to avoid bacterial growth. The CNC suspension was placed in a chemical fridge. The measured concentration was 0.45 wt%.

### **Caracterización**

The CNCs were characterized by IR spectroscopy (FTIR), atomic force microscopy (AFM) and electrically. First, CNC films were done by drying the CNC suspension on a furnace at 50°C, and then placing them in a desiccator. To make flexible CNC films, glycerol was added to CNC suspensions, and the dried at 50° in an oven. The FTIR was made with a Bruker spectrophotometer model Equinox 55 with an ATR accessory; the analysis was done in the IR range of 4000-750 cm<sup>-1</sup> with a resolution of 2 cm<sup>-1</sup>, and using the average of 64 scans. The AFM microscopy was done with a Nanosurf AFM, model Naio; the characterization was done in contact mode using a silicon probe. The images were analyzed using the software Gatan 2.47. The electrical characterization was made by measuring the dielectric strength of the CNC films, using a Hipotronics, brand Hubbell, model 700 with gold cells, submerged on transformer oil that was previously dried. The dielectric strength characterization was made avoiding the formation of air bubbles. The thermal properties of the CNC film were measured with thermogravimetric analysis (TGA), by using a TA Instruments thermogravimetric analyzer model TGA 2050; the analysis was made with a heating rate of 10°C/min in an atmosphere of nitrogen. The films were observed with a Carl-Zeiss Polarized Optical Microscope, model AX10, the microscope has a MOTIC software and camera.

### **Resultados y Discusión**

The characterization showed that the cellulose nanocrystals had the functional groups of cellulose. Table 1 shows the results of the FTIR.

Table 1. FTIR assignments of nanocellulose

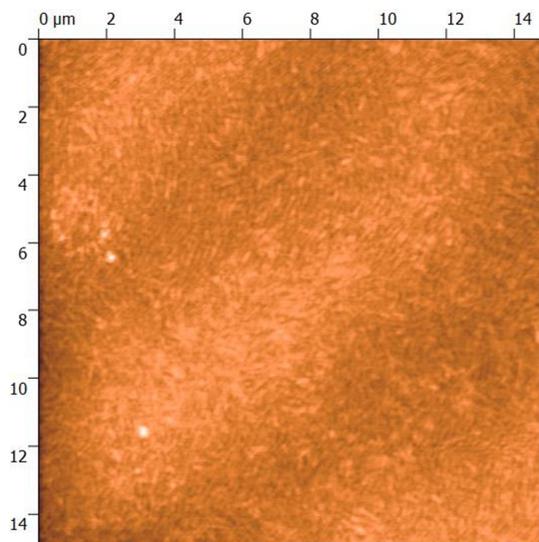
Group assignment	Frequency (cm <sup>-1</sup> )
$\nu(\text{OH})$	3300
$\nu_s(\text{CH}_2)$	2880
$\delta_s(\text{CH}_2)$	1419
$\delta_s(\text{CH}_2)$	1364
$\delta(\text{CH})_{\text{ring}}$	1319
$\delta_a(\text{C-O-C})_{\text{bridge}}$	1020

The cellulose nanocrystals have hydroxyl groups. They also have the groups corresponding to the cellulosic ring, as shown in the table by the groups present at 2880 cm<sup>-1</sup>. The table suggests that some reflections shows on the sample, confirming that it has CH and CH<sub>2</sub> groups. The table shows too the presence of ether groups, present at 1020 cm<sup>-1</sup>. The source used for the synthesis of cellulose was cotton, the reflections shown on the table are similar to the reflections found on cellulose from cotton, or from vegetal sources. As mentioned before, OH groups are present on the sample, these groups confer cellulose with crystallinity. It has been mentioned that crystallinity has an effect on reducing the hygroscopic behavior of cellulose, and that the dielectrical properties are improved by the crystallinity of the cellulosic samples. The results of FTIR may suggest that the obtained CNC's would be a good material for dielectrical applications.

Table 2. Dielectric Properties of Cellulosic Samples at 25°C.

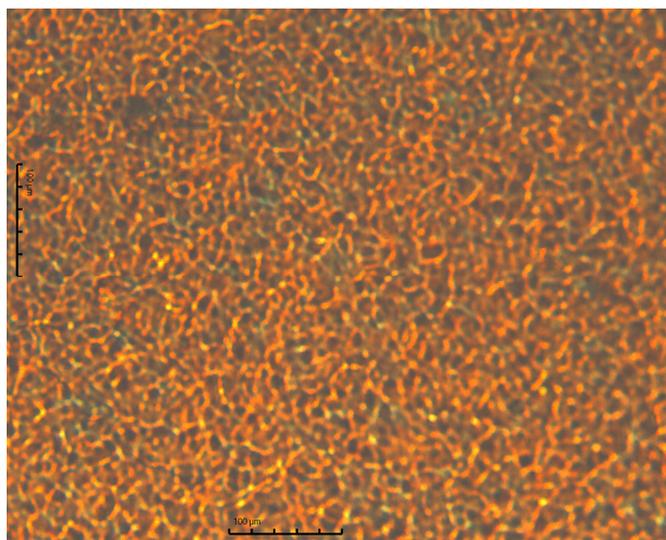
Sample	Dielectric Strength, kV/cm	Thickness, $\mu\text{m}$
Commercial Dielectric Paper	187	80
CNC sample	189	20
CNC sample not in desiccator	68	55
CNC glycerol	38	110
CNC 5 wt%, electric field	18	130

Figure 1 shows an AFM micrograph of the cellulose nanocrystals. The CNC's were deposited on a mica wafer, that was previously exfoliated in order to create an atomically flat surface. The mica wafer was placed on a filter paper, and both the mica wafer and the filter paper were saturated with the CNC solution and let to dry in a closed environment. The CNC's had time to self order during drying. Figure 2 shows cellulose nanocrystals arranging with a twisted direction, ressembling the order that chiral nematic crystals have in the liquid crystal-like arrangement. During the process of drying, the CNC's experienced a slow drying, that made the concentration of the solution to increase, and the CNC's had time to self order [5].



**Figure 1.-** AFM micrograph of cellulose nanocrystals.

The Figure 2 shows an image of the CNC's seen by optical microscopy with cross polarizers. A dry film of the CNC's was made, and then observed by optical microscopy. The sample shows several different colours, a common phenomenon of cellulose nanocrystals called iridescence, this phenomenon is also seen in chiral nematic phases. The sample shows also a feature similar to oily streaks, a feature observed in chiral nematic phases in cellulose derivatives. The oily streaks and the iridescence of the samples is due to the interaction of the light with the ordered cellulose nanocrystals.



**Figure 2.-** AFM micrograph of cellulose nanocrystals.

Experiments were carried out measuring the dielectrical properties of the CNC's. Films of CNC's were done by drying in an oven. The dried films were submerged in transformer oil, and placed between gold electrodes. Industrial dielectric paper was used as reference for the value of dielectric strength. The measured value of dielectric strength was 189 kV/cm for dried CNC's, and 187 kV/cm for industrial. The

CNC film has a dielectric strength similar to that of the industrial dielectric paper; however, the CNC film is composed of pure CNC and has no additives. This measurement confirms the expected dielectric behavior of CNC's, as previous characterization suggested that the crystals had a tendency to self-order and to be a crystalline material. The dielectric value of CNC's lowered when humidity was present on the samples. Humidity favored the pass of the electricity through the sample. Then, care was taken to eliminate humidity on the samples.

## Conclusiones

Cellulose nanocrystals are a good option for using them as dielectric material. CNC's have the functional groups of cellulose, that determine the crystallinity of cellulose. The CNC's showed a tendency of self-aggregate under a slow drying, forming a liquid crystal in the process. The images of polarized optical microscopy suggested too that a chiral nematic phase was formed. The dielectrical strength of the CNC is comparable to the dielectrical strength of industrial dielectric paper. It was found that humidity decreased the dielectrical strength of the CNC's.

## Agradecimientos

We acknowledge the Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias for allowing us using its facilities for both synthesis and characterization.

## Referencias

1. D. Klemm; F. Kramer; S. Moritz; T. Lindström; M. Ankerfors; D. Gray; A. Dorris *Angew. Chem. Int. Ed.* 2011, 50, 5438.
2. Y. Habibi; L. A. Lucia; O. J. Rojas *Chem. Rev.* 2010, 110, 3479.  
Habibi, Review 2010
3. D. Le Bras; M. Strömme; A. Mihranyan *J. Phys. Chem. B* 2015, 119, 5911.
4. C. F. Castro-Guerrero; A. B. Morales-Cepeda; M. Diaz-Guillen; F. Delgado-Arroyo; F. Lopez-Gonzalez *Mater. Sci.-Pol.* In Press, 2019.

## EFFECTS AND APPLICATIONS OF ULTRASONIC STRESS ON POLYSTYRENE WASTE

López P., Arturo<sup>1,2</sup>; Cedillo V., Gerardo<sup>2</sup>; López M., Salvador<sup>2</sup>; Canseco M., Miguel Ángel<sup>2</sup>; García H., Manuel<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Av. Primero de Mayo S/N, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. 54740, [o.arthuro.l.p@gmail.com](mailto:o.arthuro.l.p@gmail.com), <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Materiales. Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04510 [gcedillo@iim.unam.mx](mailto:gcedillo@iim.unam.mx), [slm@iim.unam.mx](mailto:slm@iim.unam.mx), [canma@unam.mx](mailto:canma@unam.mx), [maga@unam.mx](mailto:maga@unam.mx)

Área de participación: IQ

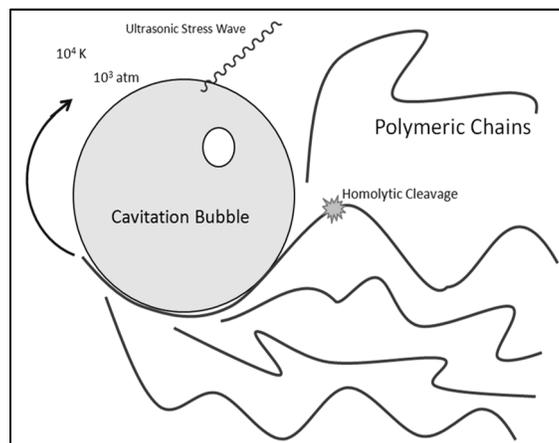
### Abstract

Employing two different ultrasonic frequencies (42 kHz and 1.2 MHz), two samples of Polystyrene (PS) waste, coming from styrofoam, useless PS analytical reactive and package materials, were put under their effects. Several solutions at 2.5% w/v concentration of PS (prepared in chloroform, tetrahydrofuran and toluene) were subjected during 1 hour to Ultrasonic Stress (US). After these tests, all samples were characterized by HPSEC for the particular purpose to discover changes in the molecular weight (MW). By means of this method, it was found the presence of two varieties of PS, a sinusoidal behavior with respect to MW as a function of sonication time and solvent, finally, the unexpected possibility to promote copolymerization between PS and another waste polymer, such as polymethylmethacrylate. Characterization went further, since it was decided to employ other techniques, which include DSC, TGA, and <sup>1</sup>H-NMR, to confirm the new properties of materials. The ultrasonic process that was developed, also provides a vast scenario of synthesis opportunities for new polymeric materials, as well as a method that encourages recycling.

### Introduction

Polymeric pollution is nowadays, a trending topic heard all around the media, and this is because, the increasing amount of polymeric waste that has been accumulated in the last 80 years, is unleashing serious environmental problems. All around the globe, the existence of eight thousand million tons ( $8 \times 10^9$ ) of plastics and the poor recycling average percentage (about 9 %) is leading the Earth to an unfortunate ecological panorama [1].

For this reason, an *ultrasonic stress (US)* method of degradation has been developed which consists basically, of the formation of cavitation bubbles (Figure 1.) that generate drastic temperature and pressure conditions on their surface, favoring homolytic *intra*-chain ruptures [2,3,4]. The primary interest to generate scissions in *polystyrene (PS)* chains, is promoting the reduction of their *molecular weight (MW)* [5,6] which could allow to produce several sorts of *PS* standards, as well as potential applications that contribute as a recycling alternative, by means of creation of copolymers and likewise paints and resins sensitive to pH changes.



**Figure 1. Theoretical mechanism of mechanochemical degradation of a polymeric chain.**

### Experimental details

*PS* waste solutions (solved in *chloroform* ( $\text{CHCl}_3$ ), *tetrahydrofuran* (THF) and *toluene* (Tol)) at 2.5% w/v concentration were put under the effects of *ultrasonic stress* (US) at two frequencies of 42 kHz and 1.2 MHz. The US periods consisted of increasing lapses of 15 min until completion of 1h. For a deeper understanding and details of such process, it can be seen herein, Table I.

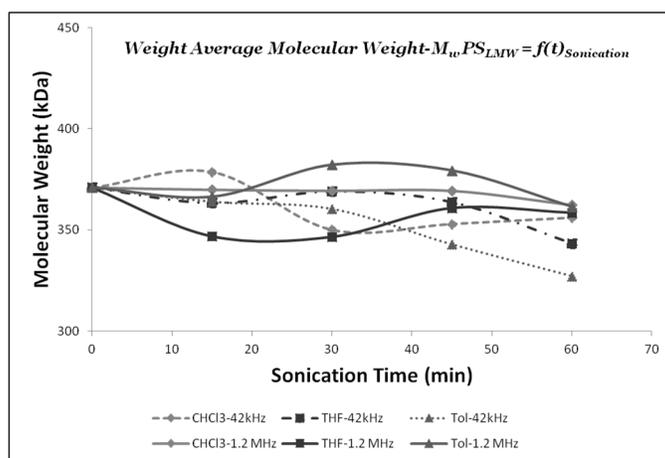
**Table 1. Polystyrene systems put under the effects of increasing ultrasonic stress periods.**

Solvent	System	Sonication Time 42 kHz/1.2 MHz (min)
Chloroform	PS- $\text{CHCl}_3$ -0- $S_x$	0
	PS- $\text{CHCl}_3$ -1- $S_x$	15
	PS- $\text{CHCl}_3$ -2- $S_x$	30
	PS- $\text{CHCl}_3$ -3- $S_x$	45
	PS- $\text{CHCl}_3$ -4- $S_x$	60
Tetrahydrofuran	PS-THF-0''- $S_x$	0
	PS-THF-1''- $S_x$	15
	PS-THF-2''- $S_x$	30
	PS-THF-3''- $S_x$	45
	PS-THF-4''- $S_x$	60
Toluene	PS-Tol-0'''- $S_x$	0
	PS-Tol-1'''- $S_x$	15
	PS-Tol-2'''- $S_x$	30
	PS-Tol-3'''- $S_x$	45
	PS-Tol-4'''- $S_x$	60

Moreover, three mixtures of *PS* and *polymethylmethacrylate* (*PMMA*), from waste materials too, were exposed to the action of 90 min of US at 1.2 MHz. Reaction mixtures presented the next relation concentrations between *PS/PMMA*: 25/75%, 50/50% and 75/25%. Finally, another couple of mixtures between *PS* and three pH indicators dyes (*red disperse 1*, *methyl orange*, and *orange II*) were subjected to the same process to obtain polymeric recycled resins which could be sensitive to pH changes. The characterization of the final products was done through high performance size exclusion chromatography (*HPSEC*), proton nuclear magnetic resonance ( $^1\text{H-NMR}$ ), thermogravimetric analysis (*TGA*) and differential scanning calorimetry analysis (*DSC*).

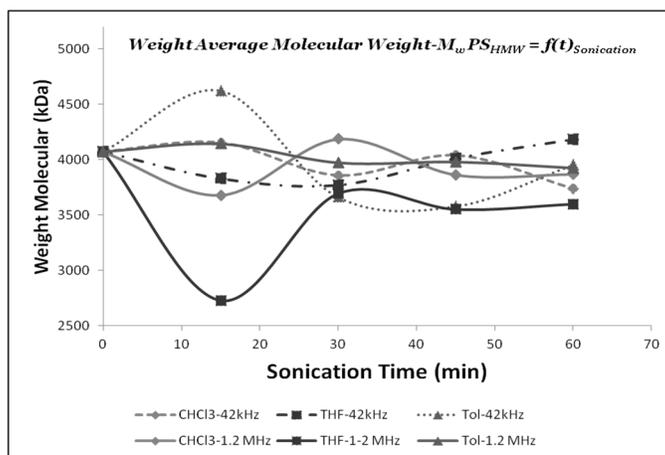
## Results and discussion

After the degradation tests it was found by employing **HPSEC** technique, the existence of two kinds of **PS** waste in the samples, one which exhibited an *average molecular weight (MP)* approximate to  $2.54 \cdot 10^5$  Da, and another one presenting *MP* close to  $2.423 \cdot 10^6$  Da. Hence, they were designated as *low (PS<sub>LMW</sub>)* and *high molecular weight polystyrene (PS<sub>HMW</sub>)*, respectively. The degradation process of both samples shows that scissions among polymeric chains occur in all solvents, manifesting also a sinusoidal pattern which provokes, no matter the used **US** frequency, a decrease in *MW*. Figures 2 and 3 show clearly such phenomena, based in *weight average molecular weight (M<sub>w</sub>)*.



**Figure 2.** Weight average molecular weight ( $M_w$ ) as a function of sonication time for  $PS_{LMW}$  at 42 kHz and 1.2 MHz.

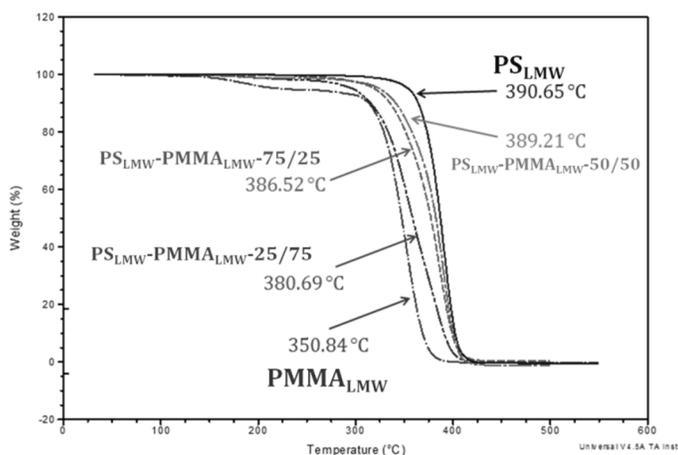
On the other hand, **PS** samples of both types manifested different *Polydispersity Index (PI)*.  $PS_{LMW}$  presented a *quasi-regular PI* between a rank of 2.



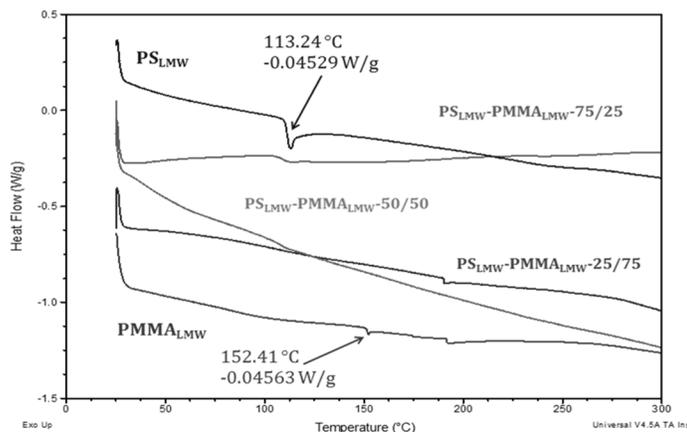
**Figure 3.** Weight average molecular weight ( $M_w$ ) as a function of sonication time for  $PS_{HMW}$  at 42 kHz and 1.2 MHz.

6 to 2.7 units, meanwhile in  $PS_{HMW}$  systems occurred the opposite, obtaining as a result a wide rank between 3.6 to 5.3 units.

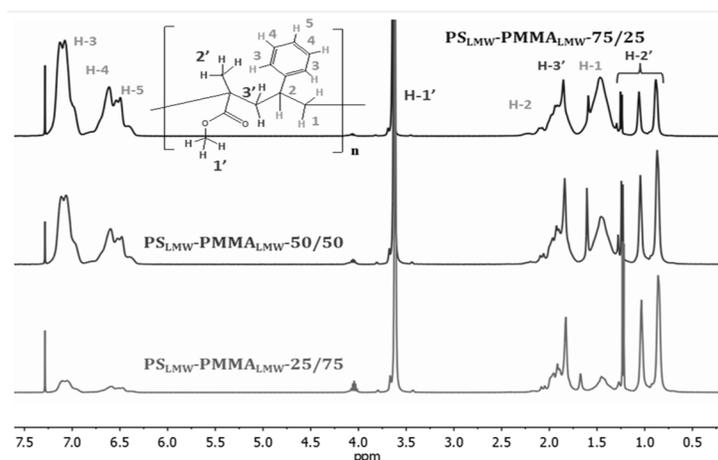
With regard to copolymerization tests, products were analyzed by  $TGA$  and  $DSC$ , these results are shown in Figures 4 and 5. Mainly, results confirmed a new behavior from that of original polymers due to differences in decomposition temperature and vitreous transition temperature ( $T_g$ ), which are intermediate temperatures between the two homopolymers. Moreover, Figure 6 shows the  $^1H$ -NMR spectra of the three different compositions of the PS-PMMA copolymers.



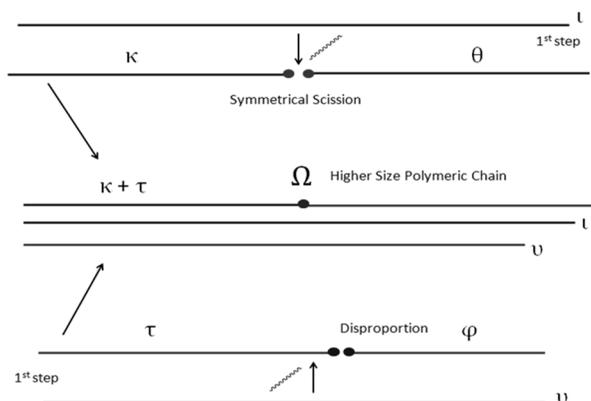
**Figure 4.** Thermogravimetric analysis (TGA) curves corresponding to original  $PS_{LMW}$ ,  $PMMA_{LMW}$ , and to the synthesized copolymers



**Figure 5.** Differential scanning calorimetry (DSC) curves corresponding to original  $PS_{LMW}$ ,  $PMMA_{LMW}$ , and to the synthesized copolymers. Vitreous transition temperature ( $T_g$ ) is indicated.



**Figure 6.**  $^1\text{H-NMR}$  spectra overlapped, of different compositions of  $\text{PS}_{\text{LMW}}\text{-PMMA}_{\text{LMW}}$  copolymerized. It can be observed the presence and quantity of both



**Figure 7.** Free radical process. Disproportion and symmetrical scission processes are shown.

All these phenomena, both degradation and copolymerization, are the direct consequence of a free radical reaction where exist scissions and subsequent rearrangement of radical polymer chains (see Figure 7.), created by disproportion or symmetrical rupture, carried out during the collapse of cavitation bubbles.

Besides, just as it was said before, three mixtures of  $\text{PS}_{\text{LMW}}$ ,  $\text{PMMA}_{\text{LMW}}$  and three different dyes, *disperse red*, *methyl orange* and *orange II* (25 mg/25 mg/1 mg in  $\text{CHCl}_3$ ) were put under 1.2 MHz *US* effects. Products were analyzed employing a stain qualitative acid-base analysis. It was discovered that stained resins react to the presence of acid-base changes, albeit at smaller intensity, where can be observed almost similar coloration in both cases.

## Conclusions

$\text{PS}_{\text{LMW}}$  and  $\text{PS}_{\text{HMW}}$  are susceptible to experiment minor rate chain scissions at 42 kHz *US* frequency but it do not occur so at 1.2 MHz, inasmuch both *PS* types experiment a major increment in their *MW*. Both degradation and copolymerization

processes follow a free radical mechanism, all this carried out *in situ*, where firstly, occur disproportionate or symmetrical scissions, then chain rearrangement and finally “chain fusions” which increase or decrease, according to frequency and solvent nature, the *MW*. Despite copolymers and the derived products synthesis, it is imperative to establish a method standardization, search for new reaction conditions for the system PS/PMMA and look for more specific applications.

### Acknowledgments

Authors express their gratitude and appreciation to H. Zarco G., A. López V., C. González S., F. Silvar G., O. A. Pompa G., J. M. García L., K. E. Reyes M. y L. Huerta A. for their theoretical and technical support.

### References

1. Jiménez, Elvira. ¿Cuánto Plástico Hay en el Mundo? (July 21<sup>st</sup> 2017). Available at: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Blog/cunto-plastico-hay-en-el-mundo/blog/59905/11/March/2018>
2. Caruso, Mary M.; Davis, Douglas A.; Shen, Qilong; Odom, Susan A.; Sottos, Nancy R.; White, Scott R. and Moore, Jeffrey S. (2009). Mechanically-Induced Chemical Changes in Polymeric Materials. *Chemical Reviews*. 109, 5755-5798 pp.
3. Neppiras, E. A.; Noltingk B. E. (1950). Cavitation Produced by Ultrasonics. *Proceedings of the Physical Society*. MERL. 63. 674-685 pp.
4. Madras, G.; Kumar, S. (2000). Continuous Distribution Kinetics for Ultrasonic Degradation of Polymers. P.D. & S. 69, 73-78 pp.
5. Smith, P. (1991). Ultrasonically Controlled Preparation of Functionalized Styrene Polymers and Copolymers. (Ph. D. Thesis). University of Bath. U.S.
6. Sathiskar, P.S.; Madras, G. (2012). Ultrasonic Degradation of Butadiene, Styrene and their Copolymers. *Ultrasonic Sonochemistry*. 19, 503-508 pp.

# ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE PVA-/PEDOT-PSS/GO

B. U. Mendoza-Enríquez, A. Olarte-Paredes, R. Salgado-Delgado, E. García-Hernández, Zully Vargas-Galarza.

*Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec. División de Estudios de Posgrado e Investigación/Departamento Ingeniería Química y Bioquímica. Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec Morelos, México C.P.62780:  
[alfredo.op@itzacatepec.edu.mx](mailto:alfredo.op@itzacatepec.edu.mx), [renesalgado@hotmail.com](mailto:renesalgado@hotmail.com)*

*Área de participación: Materiales Poliméricos (IQ)*

**Resumen:** En el presente trabajo se obtuvieron películas compuestas por poli (alcohol vinílico) (PVA), óxido de grafeno (GO) y poli (3,4-etilendioxitiofeno)-poli (estireno sulfonato) (PEDOT-PSS), mediante el proceso de obtención de casting y electrospinning. La estructura y morfología de los materiales compuestos se evaluaron mediante Microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR), espectroscopia UV-Vis, difracción de rayos X, análisis termogravimétrico (TGA), Espectroscopia de impedancia (EIS). Las micrografías demostraron la presencia de las cargas conductivas dispersa por toda la matriz, de manera homogénea. Los materiales presentaron buenas propiedades eléctrica, térmicas y mecánicas. Los resultados de TGA indican una mejora en la estabilidad térmica de los compuestos. Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos, creemos que las películas de materiales compuestos PVA / PEDOT-PSS / GO tienen potencial para ser utilizadas como materiales eléctricos, electrolíticos para aplicaciones de dispositivos de almacenamiento de carga de alto rendimiento.

## Introducción.

Unos de los principales temas que se discuten en relación a la demanda energética es la gran cantidad de gases contaminantes que se están liberando debido al uso de combustibles fósiles para generar energía. Por ello, las instituciones se han puesto manos a la obra y están llevando a cabo reformas para incrementar el uso de energías renovables y así reducir dichos gases. Sin embargo, este tipo de energías son intermitentes por lo que es necesario el uso de sistemas de almacenamiento energético. Hoy en día entre los más utilizados están los sistemas hidroeléctricos y de aire comprimido. Sin embargo, estos tienen una gran desventaja puesto que están limitados geográficamente por ello se necesita otro tipo de sistema de almacenamiento como podrían ser las baterías que almacenan la energía eléctrica en energía química y la liberan cuando la demanda lo requiere. Entre las baterías se pueden encontrar las de plomo-ácido, níquel-cadmio, níquel metal hidruro, baterías de flujo, sodio-azufre y ion-litio. En un futuro cercano, aunque los hidrocarburos seguirán dominando el panorama energético, las energías renovables comenzarán a ascender a la categoría de segunda mayor fuente de recursos. [1]

Las baterías de iones de litio (LIB) son ciertamente un gran contendiente y en las últimas dos décadas se ha visto un aumento dramático de interés en ellas [2]. En esta perspectiva, el sodio proporciona una alternativa debido a su abundancia natural amplia distribución geográfica y similitudes con el litio en electroquímica. De hecho, se estudiaron las baterías de iones de sodio (SIB) paralelo a LIB de vuelta a

la década de 1980 [3-4], pero en general se deja de lado debido para el éxito comercial de LIB en la década de 1990. No fue hasta que hace unos años, las SIB y sus actividades de investigación se han expandido rápidamente y una gran cantidad de materiales para su uso cátodos, ánodos y electrolitos han sido explorados. El desarrollo de SIB ahora está en pleno apogeo.

## **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

**Materiales.**

Polyvinyl alcohol (PVA) (Mw 46,000–186,000, 87-89+% hydrolyzed), Poli3,4-ethylenedioxythiophene)-poli(styrenesulfonate) (PEDOT-PSS, 9) 3-4% en H<sub>2</sub>O, Grafene oxide (GO) 2 mg/ ml dispersión en H<sub>2</sub>O. Todo el material es grado analítico y adquirido en Sigma Aldrich.

Preparación de la solución PVA/ PEDOT-PSS/ GO.

La solución de PVA se prepara mediante un proceso de termoagitación a una temperatura que oscila los 60 – 70 °C durante 1 h hasta que la solución alcance la homogenización en un medio de agua desionizada (DI wáter y etanol, con un porcentaje en peso de 10 -15 wt%). Para la preparación de PVA/PEDOT-PSS/GO se agregaron en diferentes concentraciones de suspensiones de GO Y PEDOT-PSS respectivamente a la solución acuosa de PVA.[5] La mezcla se zonificó mediante un baño ultrasónico a temperatura ambiente durante 2 h para promover la dispersión y homogenización de la solución.

Elaboración de películas por el método de casting.

La solución de PVA/PEDOT-PSS/GO una vez zonificada se vertieron en cajas Petri de 5 cm de diámetro, y puestas en un horno a una temperatura de 30 °C y a vacío durante 12 h posteriormente fueron guardadas en desecadores hasta el momento de las caracterizaciones. [6]

## **Resultados y Discusión**

**Microscopia electrónica de barrido**

Las pruebas de microscopia electrónica de barrido se realizaron mediante un equipo marca JEOL modelo JSM-6010 que se encuentra en el instituto tecnológico de Zacatepec. En la figura 1 se presentan la vista general de la sección superficial y transversal de películas obtenidas a partir de la mezcla de PVA, PEDOT-PSS Y GO

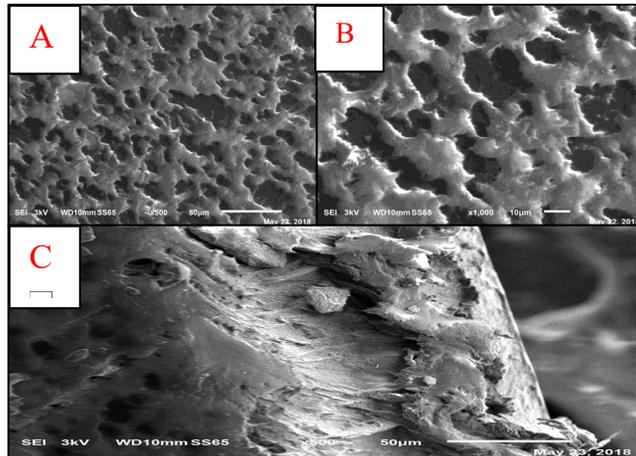


Figura 1. Microscopia (SEM) de películas de PVA/PEDOT-PSS/GO

En la Figura 1 se observa un cambio en la superficie y presenta una zona irregular, y accidentada, muy diferente a la superficie lisa observada en las películas de PVA. Esa superficie irregular puede estar evidenciando la presencia del PEDOT-PSS Y GO esto confirma que si hay un cambio físico en nuestro material.

### Fourier Transform Infrared (FTIR)

La caracterización se realizara mediante un espectrofotómetro marca PerkinElmer Spectrum two software spectrum en el rango de número de onda de 500-3500 a una resolución de  $\text{cm}^{-1}$ . El espectro del material compuesto de PVA/PEDOT-PSS/GO se observa en la figura 2.

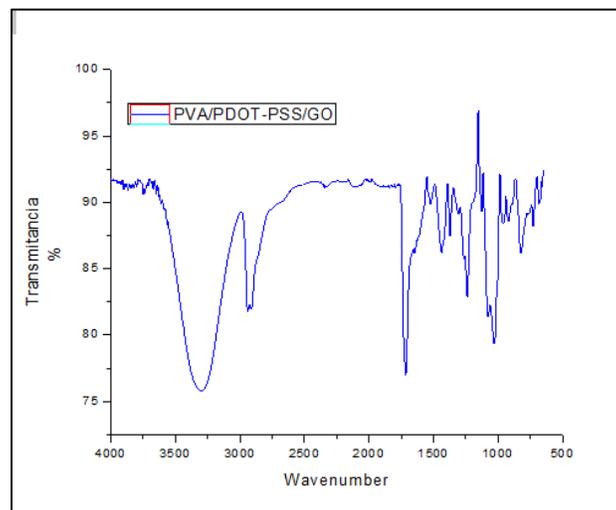


Figura 2. Microscopia (SEM) de nanofibras de PVA/PEDOT-PSS/GO

Un pico ancho observado a  $3270 \text{ cm}^{-1}$  en el espectro de GO corresponde a las fuertes vibraciones del grupo O-H, mientras que el pico observado a  $1445 \text{ cm}^{-1}$  se

debe a la vibración de estiramiento simétricas de C-O del grupo carboxilo. El pico pequeño apareció a 1190  $\text{cm}^{-1}$  representa el C-OH vibración de estiramiento, mientras que el pico a 1030  $\text{cm}^{-1}$  es el pico característico del grupo epóxido. La vibración en 1664 y 1752  $\text{cm}^{-1}$  están asignados al modo de estiramiento C = C y C = O estiramiento de la vibración del grupo carboxilo, respectivamente. Las bandas a 632  $\text{cm}^{-1}$  y 1110  $\text{cm}^{-1}$  en la Figura 4 son atribuido a la interacción C-S en el anillo de tiofeno, y grupo etilendioxi en PEDOT, respectivamente. Como se esperaba, el pico característico de PEDOT a 1840 y 1637  $\text{cm}^{-1}$  que atribuido al estiramiento C-C o C = C de la quinoidal. Estos resultados sugieren que el PEDOT-PSS/GO están depositados en el PVA y lo podemos corroborar en el SEM.[7-8]

## ESPECTROSCOPIA UV-VISIBLE

La espectroscopía UV-Vis se llevó a cabo para evaluar la dispersabilidad de GO en la matriz de polímero. Los espectros de absorción UV-Vis de PVA/PEDOT-PSS/GO se muestran en las Figs. 41 y 42 respectivamente el compuesto ha mostrado 2 picos de absorción 160 y 250 nm que puede atribuirse a las transiciones  $\pi^* - \pi^*$  de los anillos de benceno y  $n - \pi^*$  antienlace de los electrones libres de presentes en PEDOT: PSS y GO. También se observa un efecto hiperromico la ley de Beer-Lambert establece que la absorbancia de una solución es directamente proporcional a la concentración de la solución. [9]

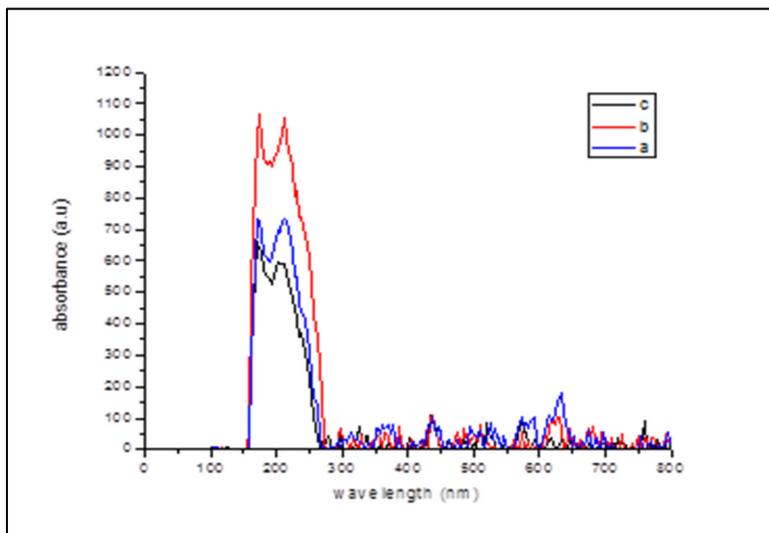


Figura 3. Espectro UV-Visible PVA/PEDOT-PSS/GO

## DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Se llevaron a cabo mediciones de difracción de rayos X (DRX) para investigar la estructura cristalina de los compuestos. El patrón XRD de PVA/PEDOT-PSS/GO se representa en las figuras siguientes. Para el grafito natural, se observa claramente

un pico de difracción fuerte y agudo a  $2\theta=19$  y otro pico a  $2\theta=40$  menos pronunciado, que se atribuye a una estructura semicristalina del PVA. [10]

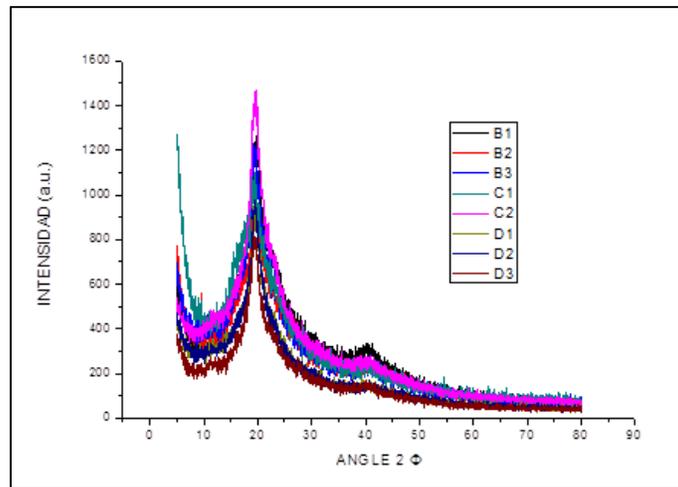


Figura 4. Diffractograma PVA/PEDOT-PSS/GO

### ANÁLISIS TÉRMOGRAVIMETRICO (TGA)

Las propiedades de degradación térmica de los compuestos PVA/PEDOT-PSS/GO se evaluaron mediante TGA y los resultados se muestran en la Fig. 45. La pérdida de peso inicial de la temperatura a 100 °C se atribuye a la evaporación del agua adsorbida. A una temperatura más alta, aproximadamente a 200 ° C se debe a la pérdida de agua adsorbida. La mayor disminución en la masa de los compuestos se produjo en el rango de temperatura 300-500 C, que puede atribuirse a la descomposición de los polímeros. Así, la estabilidad térmica del compuesto ha mejorado en presencia de las cargas, que surge intrínsecamente de la alta estabilidad térmica de GO. La mejora en la estabilidad térmica del compuesto se debe a la alta relación de aspecto y al efecto barrera de las cagas que ayudó a prevenir la emisión de pequeñas moléculas gaseosas durante la degradación térmica. [11]

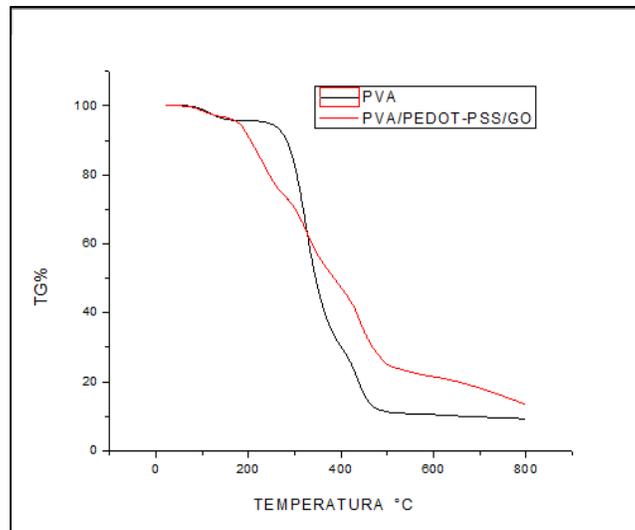


Figura 5. Análisis termogravimétrico PVA/PEDOT-PSS/GO

## IMPEDANCIA

El análisis de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) es comúnmente utilizado para estudiar el comportamiento electroquímico incluyendo transferencia de carga y difusión de iones en la interfaz del compuesto PVA/PEDOT-PSS/GO en un rango de frecuencia de banda ancha de 0 Hz – 7 MHz se dan en las. Las propiedades eléctricas de un material compuesto dependen de las propiedades de las fases individuales y la mezcla se controla de tal manera que las fases individuales están interconectadas. La capacidad de polarización y la distribución homogénea del relleno eléctrico es el factor clave para afectar el rendimiento eléctrico del compuesto.

Los diagramas de Nyquist de PVA/PEDOT-PSS/GO exhiben un patrón similar, se observó un semicírculo en la región de alta frecuencia y una porción lineal en la región de baja frecuencia. El diámetro del semicírculo representa la resistencia de transferencia de carga interracial ( $R_{ct}$ ) y las líneas verticales casi lineales en la baja frecuencia región para que implica un excelente comportamiento capacitivo y rápida difusión iónica del PVA/PEDOT-PSS/GO. [12]

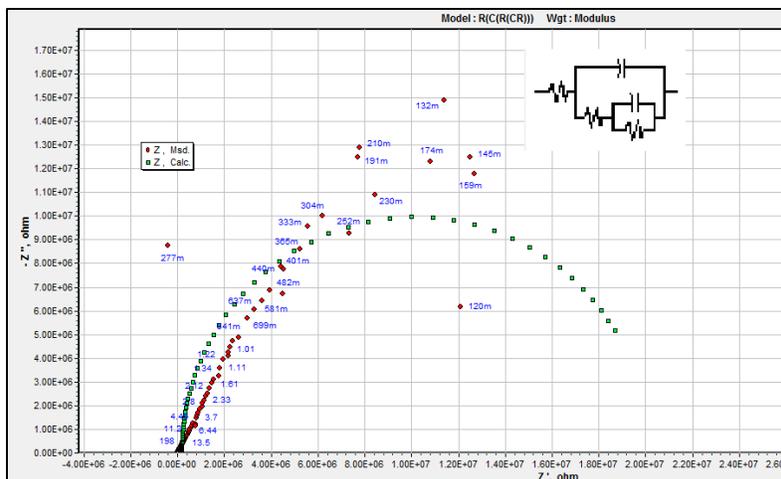


Figura 6. Análisis termogravimétrico PVA/PEDOT-PSS/GO

## Conclusiones

En el presente estudio, demostramos la preparación de compuestos PVA/PEDOT-PSS/GO mediante la técnica de casting y la investigación de sus propiedades estructurales, morfológicas, mecánicas térmicas y eléctricas. Los estudios estructurales y espectroscópicos de FTIR, XRD y UV – Vis confirman la presencia de las cargas inmersas en la matriz y la buena interacción física e interacciones iónicas entre los compuestos.

Se observaron cambios en la morfología de la matriz PVA tras la adición de PEDOT-PSS / GO, lo que indica la dispersión de las cargas en la matriz polimérica. Las propiedades eléctricas de los compuestos han cambiado significativamente debido a la incorporación de las cargas en la matriz de polímero. De manera similar, los valores impedancia eléctrica muestran estabilidad a altas frecuencias y, a medida que las frecuencias disminuyen, la impedancia sufre mucha dispersión, nos dice que tiene un comportamiento puramente resistivo.

Con respecto FTIR se muestra que a mayor concentración de las cargas muestran una pérdida en el grupo hidroxilo, eso quiere decir que se puede estar dando fuertes interacciones iónicas entre los compuestos PVA/PEDOT-PSS/GO.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante los dos años de estudios y a todos los investigadores del Instituto tecnológico de Zacatepec que han formado parte de este proyecto.

## Referencias

- [1] S.M. Chen, R. Ramachandran, V. Mani, R. Saraswathi, Recent advancements in electrode materials for the high-performance electrochemical supercapacitors: a review, *Int. J. Electrochem. Sci.* 9 (2014) 4072e4085.
- [2] L.L. Zhang, X.S. Zhao, Carbon-based materials as supercapacitor electrodes, *Chem. Soc. Rev.* 38 (2009) 2520e2531.
- [3] I. Hadjipaschalis, A. Poullikkas, V. Efthimiou, Overview of current and future

- energy storage technologies for electric power applications, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13 (2009) 1513e1522.
- [4] A. Rudge, I. Raistrick, S. Gottesfeld, J.P. Ferraris, A study of the electrochemical properties of conducting polymers for application in electrochemical capacitors, *Electrochim. Acta* 39 (1994) 273e287.
- [5] M. Mastragostino, C. Arbizzani, F. Soavi, Conducting polymers as electrode materials in supercapacitors, *Solid State Ion.* 148 (2002) 493e498.
- [6] H. Gomez, M.K. Ram, F. Alvi, P. Villalba, E. Stefanakos, A. Kumar, Grapheneconducting polymer nanocomposite as novel electrode for supercapacitors, *J. Power Sources* 196 (2011) 4102e4108.
- [7] L. Tong, K.H. Skorenko, A.C. Faucett, S.M. Boyer, J. Liu, J.M. Mativetsky, W.E. Bernier, W.E. Jones Jr., Vapor-phase polymerization of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) on commercial carbon coated aluminum foil as enhanced electrodes for supercapacitors, *J. Power Sources* 297 (2015) 195e201.
- [8] Z. Feng, D. Mo, W. Zhou, Q. Zhou, J. Xu, B. Lu, S. Zhen, Z. Wang, X. Ma, Electrosynthesis and electrochemical capacitive behavior of a new nitrogen PEDOT analogue-based polymer electrode, *New J. Chem.* 40 (2016) 2304e2314.
- [10] B. Wang, Z. Chen, J. Zhang, J. Cao, S. Wang, Q. Tian, M. Gao, Q. Xu, Fabrication of PVA/graphene oxide/TiO<sub>2</sub> composite nanofibers through electrospinning and interface sol-gel reaction: effect of graphene oxide on PVA nanofibers and growth of TiO<sub>2</sub>, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Aspects* 457 (2014)
- [11] Y.Y. Qi, Z.X. Tai, D.F. Sun, J.T. Chen, H.B. Ma, X.B. Yan, B. Liu, Q.J. Xue, Fabrication and characterization of poly(vinyl alcohol)/graphene oxide nanofibrous biocomposite scaffolds, *J. Appl. Polym. Sci.* 127 (2013) 1885e1894.
- [12] G.M. Joshi, K. Deshmukh, Electrical characterization of polymer composite gel under biasing as polar medium. *Ionics* 20(4), 529–534 (2013)

# SISTEMA DE FILTRACIÓN DE AGUA RECICLADA Y DESINFECCIÓN POR ELECTRÓLISIS (ETAPA 1 ELECTRÓLISIS)

**M. A. Amador Santos<sup>1</sup> y F. Espinoza -Vergara<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Huauchinango – [amor\\_san1402@hotmail.com](mailto:amor_san1402@hotmail.com), [tifecontacto@gmail.com](mailto:tifecontacto@gmail.com) <sup>2</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No.80, Col. 5 de octubre, Huauchinango, Puebla.

*Área de participación: Tecnología Ambiental*

**Resumen:** En este artículo se presenta la aplicación de diversos sistemas de filtración, así como la implementación de un sistema de desinfección del agua, el cual es una extensión de los sistemas de filtración ya existentes con la diferencia de que este sistema cuenta con la inclusión del proceso de electrólisis. Este proceso permite una manera más eficiente de desinfectar el agua y de esta manera su reutilización de manera más segura. Los sistemas de filtración que se utilizarán para este sistema serán: grava gruesa y fina, mallas textiles, proceso de electrólisis, carbón activo y algodón para la parte de filtración para lograr el objetivo general de este proyecto que es la desinfección y limpieza del agua para su reutilización se llevara a cabo el proceso de electrolisis antes mencionado. Cabe mencionar que también se tomara en cuenta la implementación de la apertura y sellado de electroválvulas de manera automática con un sistema de control por un microprocesador ATMEGA. Los resultados de la desinfección del agua serán medidos mediante tirillas medidoras de PH tomando como base el PH regular del agua para no ser dañina para el ser humano. El presente proyecto de investigación está pensado para la filtración y desinfección del agua de lluvia.

## Introducción

El agua es el líquido más indispensable para las actividades básicas humanas, para el crecimiento y sustentabilidad de la economía y el equilibrio social con el ecosistema, se estima que una persona necesita 3000L de agua para generar sus alimentos a diario, en México el 77% del agua potable se utiliza en agricultura; 14% en el abastecimiento público; 5% en las termoeléctricas y 4% en la industria. Se necesitan 32L de agua para la generación de un chip de apenas 2g de peso, 200 litros para un vaso de leche de 250ml y 8000 para 1 par de zapatos de cuero, estos índices nos dejan claro que el reutilizar es algo primordial para las empresas existentes, pero que hay con el

14% que se suministra a las personas que viven en las ciudades del país, ¿qué porcentaje le queda a cada ciudad?

En el estado de Puebla según registros de Conagua en su reporte “instrumentos de gestión del agua 2010”, el 85% del agua suministrada es destinada a uso agrícola y solo el 15% de este suministro es de uso humano, 38% del agua superficial disponible está de contaminada a fuertemente contaminada. Se indicia que en Puebla hay una disponibilidad total de unos 2 mil 469 billones de litros al año, hablando en cuantificación el porcentaje para el uso humano equivale a 383 mil millones de litros, para el sector industrial son empleados 2.9% que es igual a 7 mil

200 millones de litros, y para la generación de energía a través de termoeléctricas se destinan 6 mil millones de litros al año.

Actualmente el tratamiento de las **aguas** en el estado ha enfrentado un rezago de **50 %** por falta de aplicación de tecnología y por falta de un consumo responsable, problema que se traduce en daños al medio ambiente en el estado de Puebla [5]

En el estado solo existen 4 plantas potabilizadoras municipales, las cuales tienen capacidad de 715 litros por segundo, pero su caudal de potabilización es de 545 litros por segundo, en cuanto a plantas industriales de tratamiento de agua residual, existen 96 que cuentan con un potencial de tratamiento de 2 mil 875 litros, y con un caudal de tratamiento de 2mil 624 litros por segundo.

Problemas con el desabasto del hídrico equivalieron al 17% de la población en 2012, este porcentaje equivale a 960mil habitantes, los cuales recurrieron al acarreo y compra del líquido para satisfacer sus necesidades, de igual forma, 751 mil personas carecen de acceso al servicio de drenaje, lo que representa a 13% de la población estatal, La entidad ocupa los lugares 26 y 23 a nivel nacional en dotación de agua y drenaje, respectivamente y en ambos casos se encuentra por debajo de la media nacional[5].

El tratamiento de aguas es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública. Mientras que cada región tiene sus propias necesidades correspondientes a métodos de tratamiento particulares, cierto número de opciones tradicionales y modernas de tratamiento se encuentran disponibles al diseñar una implementación de tratamiento de aguas.

Es necesario hacer una evaluación del nivel óptimo de tratamiento requerido, al igual que una evaluación práctica de cuáles métodos de tratamiento está dentro del presupuesto. En aquellas áreas donde no es factible construir plantas convencionales de tratamiento de aguas, podrían emplearse muchas otras opciones de tratamiento.

El manejo efectivo de aguas debe dar como resultado un efluente ya sea reciclado o reusable, o uno que pueda ser descargado de manera segura en el medio ambiente.

Al escoger la tecnología apropiada de tratamiento, deben considerarse cierto número de factores, incluyendo la cantidad y composición de la corriente de residuos, los estándares del efluente, opciones indicadas de uso y desecho, opciones de pretratamiento industrial; y, factibilidad de funcionamiento (es decir, inquietudes económicas y técnicas) [6].

Muchas opciones de tratamiento pueden ayudar a reducir los efectos de contaminación ambiental. La eficacia del tratamiento debe ser balanceada con el costo, la aplicación práctica y el cumplimiento con los métodos que han sido escogidos para la implementación. El reúso de aguas es una opción válida para el desecho, donde el medio ambiente puede filtrar efectivamente las aguas.

Ya que de acuerdo con la publicación de “estadísticas del agua en México” en 2011, editado por la secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la capital de Puebla tiene la séptima tarifa más alta por el servicio de agua potable en el país.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### A. *Etapas I Análisis de viabilidad del proyecto.*

La reutilización de aguas en este caso de lluvia, después de su proceso de filtrado y su desinfección por electrolisis nos deja un recurso abierto al tratarse de que las familias son las más afectadas por la economía tratándose de un desabasto del líquido ya que al hacer un estudio de campo mediante entrevistas a diversos tipos de estudiantes de las localidades cercanas a Huauchinango llegamos a la conclusión antes mencionada.

Se considera rentable el reutilizar el agua que se obtiene de la lluvia, ya que este tipo de agua ya que es más fácil para las familias de comunidades alejadas y marginadas la recolección de esta, también se tomó en cuenta que los materiales utilizados son económicamente baratos, debido a que algunos son obtenidos del mismo entorno, la reutilización es un factor importante para que pueda ser sostenible y rentable, el fin es que por cada casa exista un sistema propio de limpieza, vamos a analizar algunos datos numéricos acerca del agua para poder entender a detalle la razón que nos lleva a ingresar estos sistemas en los hogares, ¿Qué es el agua subterránea? Es aquella que satura por completo los poros o intersticios del subsuelo, que terminan formando y alimentando los 653 acuíferos en los que está dividido el país, distribuidos en las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas. Su importancia radica en que ayudan al crecimiento socioeconómico del país, ya que al depositarse pueden ser utilizados en cualquier parte del año. Además, que cerca del 37 por ciento del agua que se utiliza proviene de este tipo de agua. Es decir, 30 mil 374 millones de metros cúbicos al año. Sin embargo, a pesar de su importancia, hay ciertos acuíferos que sufren de sobreexplotación, por lo que la Comisión Nacional del Agua (Conagua) creó la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que marcó delimitación y estudio de los acuíferos para dar a conocer de manera oficial la disponibilidad media anual de éstos. Y, aunque esta agua no sea visible todo el tiempo, la realidad es que su uso en el riego agrícola, por ejemplo, es una piedra angular en el desarrollo de muchas regiones en todo México [6].

Actualmente el sistema más utilizado para la limpieza del agua es la filtración y desinfección con químicos.

Para este proyecto de investigación se elaboró un análisis FODA del proyecto propuesto, para saber qué tan factible y útil será para la sociedad basándonos en las necesidades antes mencionadas, de impacto social, económico y/o tecnológico para el estado de Puebla.

En la siguiente tabla se muestran y exponen las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) del proyecto realizado.

Tabla 1 Análisis FODA.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN EN EL ESTADO DE PUEBLA.	NO SE RECOMIENDA PARA CONSUMO HUMANO
NUEVAS FORMAS DE RECICLADO DE AGUAS.	AGUA SIN NUTRIENTES HUMANOS
INCREMENTO DE ENTORNOS ECOLOGICOS	PROCESOS EXTERNOS
SISTEMA AUTOMATICO CON MINIMO MANTENIMIENTO	
CONSUMO ELÉCTRICO MINIMO	
DESINFECCIÓN EFICIENTE, ELIMINANDO EL USO EXCESIVO DE QUÍMICOS Y LOS COSTES EXTRA-ASOCIADOS.	
REDUCCION DE CONTAMINACION POR NEMÁTODOS, E-COLI (COLIFORMES TOTALES), ETC.	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
AMPLIA GAMA DE IMPLEMENTACION	
FACTIBILIDAD DE ADQUISICION	
SANEAMIENTO AMBIENTAL DE AGUAS SUPERFICIALES	

Después de la realización de este análisis también se realizó una encuesta a la población en la que se realizaban las siguientes preguntas:

- ¿Qué piensa acerca del desabasto de agua hoy en día?
- ¿Cuál cree que es el mayor factor para este problema?
- ¿Compraría un sistema de filtración y desinfección de agua?
- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este sistema?
- ¿\$3500 te parece caro?

Al realizar esta encuesta observamos que la mayoría de la gente estaría dispuesto a comprar un sistema o dispositivo que ayude a reutilizar el agua, ya que muchos argumentaban el costo excesivo de la adquisición de este líquido vital, las escuetas nos arrojaron los siguientes resultados mostrados de manera gráfica.

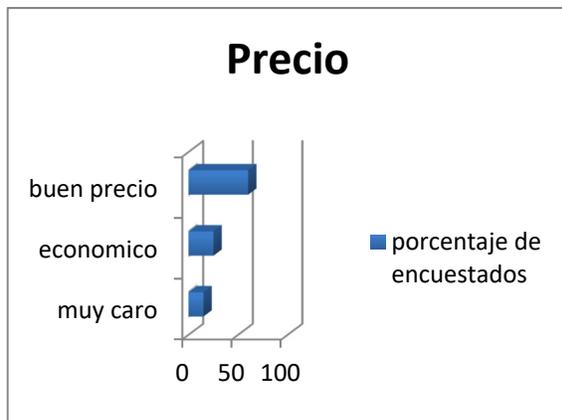


Gráfico 1: Gráfica aceptación del proyecto.

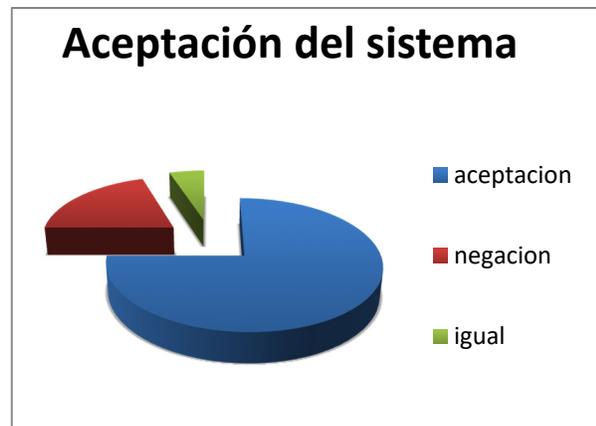


Gráfico 2: Gráfica de aceptación de precio

Tomando así en cuenta que nuestro proyecto es factible y útil para la sociedad se comenzó la realización del proceso en sus etapas.

### B. Etapa II planeación del proyecto (descripción).

- Proceso 1 Filtrado.

Este proceso es el más conocido para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales en esta etapa de proceso el agua pasa por una serie de filtros:

- El primer filtro contiene arenas finas, en el cual se quedan toda la basura más grande.
- El segundo filtro contiene arenas gruesas, en donde se quedan residuos más pequeños de los contaminantes del agua residual.
- EL tercer filtro este está dividido en dos, en una parte se encuentran una serie de mallas y en otra parte se encuentran la gravilla o piedras pequeñas que ayudan a que el agua quede prácticamente sin impurezas visibles al ojo humano[1].

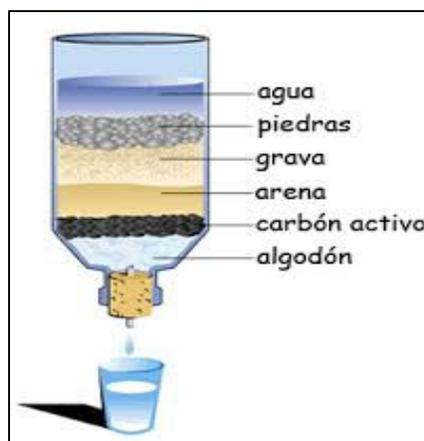


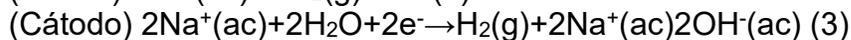
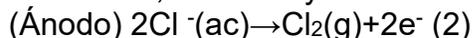
Figura 1: Proceso de filtración [1].

- Proceso 2 ELETRÓLISIS

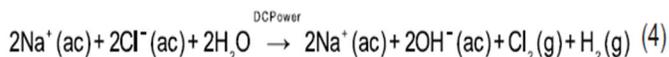
Al combinar agua y sal común se produce una reacción física donde los cristales de la sal se rompen para formar iones de Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y Cloro ( $\text{Cl}^-$ ) acuosos por separados.



Cuando la solución salina entra en contacto con el potencial eléctrico de los electrodos, el ánodo y cátodo reaccionan de la siguiente forma:



La reacción química resultante de la solución electrolizada es:



Otras reacciones resultantes suceden de la siguiente manera:

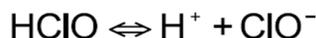


Las reacciones consecuentes se desarrollan hasta lograr un punto de equilibrio donde se obtienen concentraciones estables de cada sustancia, momentáneamente. Transcurrido el tiempo, el Cloro generado tiende a evaporarse progresivamente del agua.

El Cloro liberado en el ánodo tiende hacia una rápida desproporción, y produce Ácido Hipocloroso, Cloruro e Iones Hidronio:



El Ácido Hipocloroso de la reacción anterior entra en equilibrio químico y la proporción de cada uno de ellos va a depender del valor PH en el agua:



Adicionalmente, en el proceso de la electrólisis ocurren otras reacciones secundarias que afectan de una manera u otra la tasa de producción de Hipoclorito, pero que serán omitidas en este contenido para su posterior publicación.

Durante las distintas reacciones químicas, una parte de la energía producida se consume en la producción del Cloro, ya sea en forma de Ácido Hipocloroso ( $\text{HCIO}$ ) o ion Hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ). Otra parte, se consume en la transformación del Cloro en Cloratos y Cloruros. Y adicionalmente, parte de la energía se disipa en forma de energía calórica durante las reacciones.

La electrólisis nos permite realizar la transformación de un compuesto abundante y económicamente asequible, sal común, en productos básicos que poseen gran demanda a nivel industrial como el Cloro, Hidróxido de Sodio e Hidrógeno.

Este proceso tiene muchas ventajas así mismo también tiene un gran impacto tanto en la industria como en la sociedad las cuales mencionaremos a continuación [2].

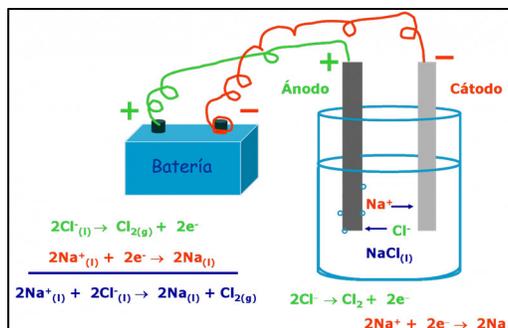


Figura 2: Proceso de electrolisis[2].

- Proceso 3 CARBÓN ACTIVO.

Lo único que se hace en este proceso es pasarla por un último filtro que contiene una parte de carbón activo y otra de algodón que sirve para absorber residuos de grasas, aceites, detergentes, etc., que pudieran haber quedado en el agua [1].

- Proceso 4 HERVIR.

Esta etapa es la etapa final y es una opción para el usuario en donde el agua después de ser sedimentada y haber pasado por el proceso de electrolisis, pasa a un proceso de hervido, ya que al agua que sale del proceso de electrolisis no mata a un 100% las bacterias y nos es totalmente recomendable su engerimiento humano, mediante esta etapa, el agua se hierve de manera que se matan los agentes patógenos que pueden desarrollar alguna enfermedad como infecciones nocivas para la salud.

Para la elaboración física de este proyecto y tocando el tema económico, podemos aceptar la creación de estos filtros a base de impresión 3D lo cual nos resulta efectivo, y limpio ya que se puede lavar sin problema y aplicar químicos sin que se vean afectados los materiales presentes, los componentes internos son lavables y reutilizables, y pensando en la portabilidad del equipo al no estar instalado ni realizar ninguna modificación a la casa habitación donde se piensa emplear no incrementa gastos extras hablando sobre la anatomía estructural de las paredes o pisos, postulando los precios se considera accesible a cualquier familia, por la vertiente de que puede existir una versión DIY en la cual las personas con materiales reciclados lo fabrican por su cuenta, pero también una versión manufacturada la cual no supera los 3500 pesos incluyendo sus entradas para las tuberías.

### C. Etapa III diseño del proyecto en software.

En esta etapa se realizó el diseño de las piezas y el ensamblado para obtener un diseño general del sistema que resultara ser satisfactorio y útil ya que es pensado para uso portátil de las personas además de su viabilidad en cuanto a la reutilización del agua con procesos útiles y de bajo costo, dicho diseño fue realizado en el software de apoyo el cual fue SolidWorks, rescatando el hecho de que es un software fácil de utilizar.

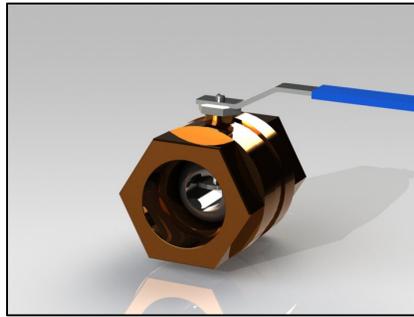


Figura 3: Diseño llave de paso en SolidWorks.

Una llave de paso o llave de corte es un dispositivo usado para dar paso o cortar el flujo de agua u otro fluido por una tubería o conducción en la que está inserto. En este caso esta válvula será utilizada para la obtención del agua después del proceso y que sea más fácil para los usuarios su ocupación.

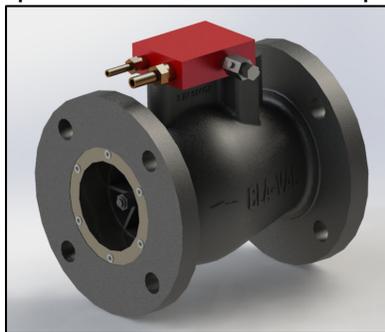


Figura 4: Diseño electroválvula en SolidWorks.

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo – nada. Estas válvulas serán controladas mediante un microprocesador ATMEGA para su apertura y cierre y sea más práctico para el usuario.



Figura 5: Diseño tanque de almacenamiento en SolidWorks.

#### D. Etapa IV Pruebas físicas proceso de electrolisis.

Actualmente nos encontramos en esta etapa de pruebas donde se pretende demostrar el funcionamiento de la electrolisis ya que es el proceso principal de desinfección a implementar haciendo pruebas de pH de agua donde se pretende

llegar a un punto en el que el agua alcance el pH del agua purificada cambiando variando la cantidad de voltaje y corriente que se le suministra, esto es basándonos en la escala de colorimetría siguiente:

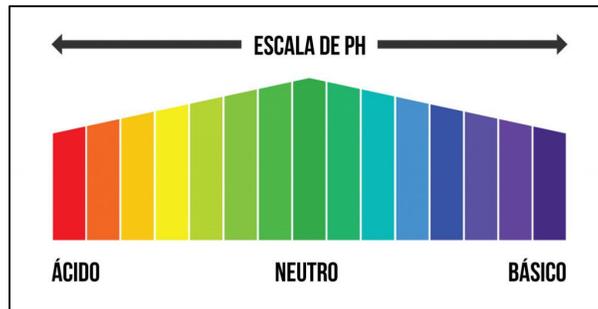


Figura 6 Escala de colorimetría del pH del agua [2].

Como punto importante se realizaron pruebas físicas del funcionamiento de electrolisis obteniendo diferentes resultados los cuales se muestran a continuación, no obteniendo un resultado totalmente satisfactorio ya que en el último muestreo el pH es semejante a la del agua potable pero no del todo igual por lo cual seguimos haciendo pruebas.



Figura 8 Agua con sal.



Figura 9 Medición de PH del agua salda.

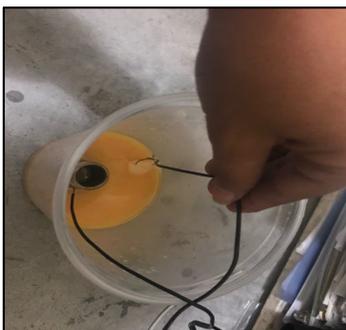


Figura 10 Prueba con electrodo de bronce.



Figura 11 Medición de pH de agua con el electrodo.

### E. Etapa V Elaboración de prototipo.

Esta etapa del proyecto se trata de la adaptación de todos los procesos mencionados después de la verificación del funcionamiento del proceso principal de desinfección tomando en cuenta puntos específicos como lo son el material del

que será construido cada gabinete de proceso basándonos en las condiciones a las que será sometido y el material o proceso que contendrá no dejando de lado la idea de la economía pública ya que se trata de hacer un producto de bajo costo.

## Resultados y Discusión

Se realizó un diseño completo en SolidWorks del prototipo tomando en cuenta las necesidades tanto de las personas para las cuales fue pensado este prototipo, de nosotros como fabricantes del prototipo, pero también y sobre todo las necesidades del proceso como tal.



Figura 7 Diseño de prototipo.



Figura 12 Proceso de electrolysis sin electrodo de bronce.



Figura 13 Pruebas por tiempo de proceso de electrolysis (2 min, 30 segundos y 20 segundos).

La imagen anterior muestra los resultados del último muestreo de pH realizado por escala de tiempo del proceso de electrolysis y en la imagen siguiente se muestra el resultado de colorimetría deseado.

## CONCLUSIONES

Según las encuestas realizadas se llegó a la conclusión que



Figura 14 Colorimetría de pH del agua potable.

## Conclusiones

El prototipo planteado es útil y viable, así como aceptable en la sociedad, el diseño resulta cómodo y práctico, por otra parte, aún no se encuentra el estado deseable de pH, pero el proceso resulta bastante útil.

Mediante la construcción de prototipos como este se logrará ayudar a la sociedad y al habiente ya que se trata de la reutilización de agua.

## Agradecimientos

Al ITSH por el apoyo brindado en todas las convocatorias presentadas, los docentes que nos brindan día con día su ayuda.

## Referencias

1. salas, s., castrillon, s., sanchez, a., & cuentas, c. (2010). Retrieved from <https://es.slideshare.net/rjdr2000/proyecto-de-tratamiento-del-aguas>
2. Melgar, O., & Barranco, N. (2016). Uso de la electrólisis de salmuera como técnica para la desinfección de agua y alimentos domiciliarios en Panamá. Retrieved from <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1258/html>
3. Castañeda Leon, R. (2016). Retrieved from [http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12235/5\\_images/agua-ciencias.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12235/5_images/agua-ciencias.pdf)
4. (2016). Retrieved from [https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS\\_Introduction\\_ES.pdf](https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf)
5. Naturales, S. (2018). Reservas de Agua. Retrieved from <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/reservas-de-agua>
6. Naturales, S. (2018). Reservas de Agua. Retrieved from <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/reservas-de-agua>

# ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD MEZCLADO CON DIFERENTES TIPOS DE ALMIDÓN UTILIZANDO UN CONSORCIO MICROBIANO Y UN PRE-TRATAMIENTO DE RADIACION UV

L. F. Cuevas-Velazquez<sup>1</sup>, E. García-Hernández<sup>1,2</sup>, B. E. Sotelo-Fuentes<sup>2</sup>, H. Alonso-Jimenez<sup>3</sup>,  
C. D. Arrieta-González<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>*División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [fernanda.cuevasv@gmail.com](mailto:fernanda.cuevasv@gmail.com), [edgar.gh@itzacatepec.edu.mx](mailto:edgar.gh@itzacatepec.edu.mx), [cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx](mailto:cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx).*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [sof\\_bren@hotmail.com](mailto:sof_bren@hotmail.com).*

<sup>3</sup>*Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [halonso24@yahoo.com.mx](mailto:halonso24@yahoo.com.mx)*

*Área de participación: Materiales poliméricos*

**Resumen:** En el presente trabajo se estudió la degradación de un material compuesto de polietileno de baja densidad (LDPE por sus siglas en inglés) mezclado con 3 diferentes tipos de almidón (Maíz, mango y papa). Se obtuvieron probetas de medidas acorde con la Norma ASTM D638 y se sometieron a un pre-tratamiento dentro de una cámara de radiación UV. Posteriormente las probetas fueron sometidas 30 días en un sistema de biodegradación que utiliza un consorcio microbiano generado a partir de 2 diferentes tipos de humus. Se realizó un diseño experimental de 3 factores: tipo de almidón, tiempo de radicación y tipo de humus, 6 réplicas y 72 corridas experimentales. Se caracterizaron las probetas antes y después de ser sometidas a radiación UV por FTIR, Microscopía óptica y pérdida de peso para evaluar si sufrieron algún cambio con el pre-tratamiento.

Una vez concluidos los 30 días en el sistema de biodegradación las probetas fueron caracterizadas por FTIR, Microscopía óptica y pérdida de peso, mostrando una pérdida de peso mayor y por lo tanto mejores resultados de biodegradación las probetas elaboradas con LDPE/TPS de papa.

Se realizó un análisis de los datos obtenidos en el análisis estadístico (ANOVA) de 3 factores, donde se tomó un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , considerando los valores de  $P<\alpha=0.05$  como parámetro para la toma de decisión, se concluye que de los 3 factores considerados únicamente los factores Tipo de almidón(A) y Tipo de humus(C) tienen influencia significativa en la degradación del material compuesto LDPE/Almidón.

## Introducción.

Al año se producen 300 millones de toneladas de residuos plásticos, lo que equivale al peso de toda la población humana (SEMARNAT, 2018). Algunos polímeros, como el LDPE, se usan en muchas aplicaciones debido a sus útiles propiedades físicas y químicas. Es duradero, liviano, fácil de procesar y característicamente inerte; éstas propiedades lo hacen apropiado para muchos usos industriales. Sin embargo, el LDPE apenas se degrada después de su eliminación, lo que contamina el medio ambiente y altera el ecosistema (Zahra, Abbas, Mahsa, & Mohsen, 2010). Es necesario producir LDPE con una mayor tasa de degradación para superar este problema. Debido a tal problemática, la producción de bioplásticos ha ganado mucha atención. Una de las alternativas para la obtención de productos bioplásticos es la mezcla de polímeros sintéticos con almidón.

El almidón termoplástico (TPS) es un biopolímero ampliamente utilizado debido a su biodegradabilidad, disponibilidad abundante y bajo costo (Cuevas, 2017). Sin embargo, las mezclas LDPE / TPS han mostrado tener un bajo rendimiento mecánico debido a su polaridad diferente, lo que conduce a una miscibilidad deficiente y una adhesión interfacial (Orlando, 2017), por tal motivo en este trabajo se propuso someter dichas mezclas a un tratamiento UV para medir el efecto que éste tiene sobre ellas y adicionalmente comprender los mecanismos que cambian la estructura y las propiedades de los polímeros durante la exposición a la luz ultravioleta (UV), es importante tanto en términos del rendimiento de servicio de los artículos diseñados para uso con luz solar como también para aquellas aplicaciones en las que la degradación controlada es el resultado deseado. En cuanto a degradación por microorganismos existen numerosos estudios realizados con hongos y bacterias específicos. La degradación de los plásticos sintéticos en la naturaleza es un proceso muy lento que lleva entre cien y mil años e involucra la acción sinérgica de factores ambientales y microorganismos.

En el presente trabajo se utilizaron microorganismos obtenidos del humus de lombriz en su forma sólida y líquida, para evaluar la degradabilidad del compuesto elaborado a partir de LDPE/Almidón.

### Sección Experimental

Se preparó almidón termoplástico (TPS) con cada uno de los diferentes tipos de almidón, mezclando 65% almidón y 35% glicerol. Se elaboraron las probetas LDPE/TPS con una concentración de 50/50 acorde con las medidas establecidas en la norma ASTM D638 (Figura 1).

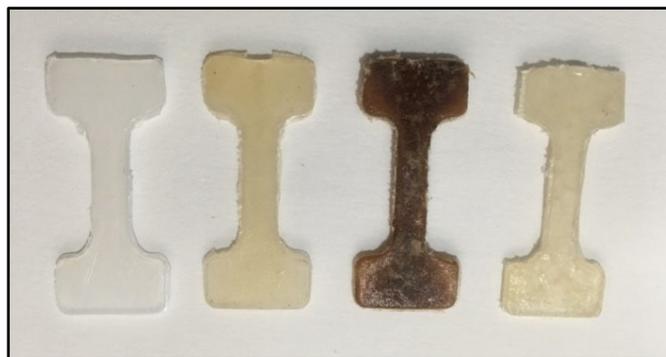


Figura 1. Probetas de LDPE, LDPE/Maíz, LDPE/Mango, LDPE/Papa.

Se sometieron las probetas a la cámara de radiación UV a 254 nm por un lapso de 15 días. Transcurrido el tiempo de pre-tratamiento se realizó la obtención de microorganismos, preparando un medio de crecimiento especial de macro y micro elementos, siendo el LDPE la única fuente de carbono necesario para el crecimiento de los mismos, incubándose dicho medio a temperatura ambiente (26°C) durante 30 días (Meza, 2013).

Transcurrido el tiempo de adaptación se tomó una alícuota y se transvasó a nuevos matraces completando un volumen de 250 mL. Posteriormente se sometieron las probetas de LDPE/almidón al medio de crecimiento de los diferentes tratamientos, con etiquetas para su identificación como se muestra en la Figura 2.

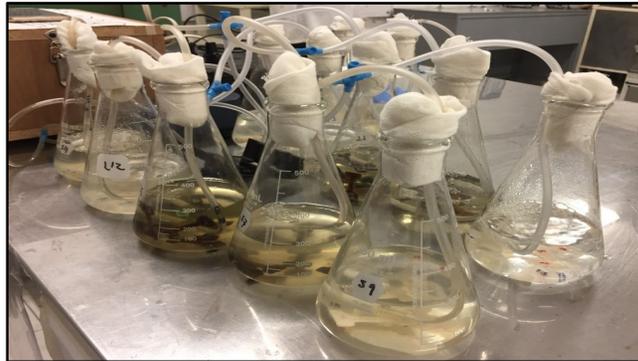


Figura 2.- Biodegradabilidad de las probetas con los diferentes tipos de humus.

Para llevar a cabo las caracterizaciones se utilizaron los siguientes equipos:

### ***Evaluación de la degradación por pérdida de peso***

Balanza analítica, marca Ohaus, con sensibilidad de 0.0001 g. Vernier digital marca ULTRATECH.

### ***Evaluación de la degradación por FTIR***

Las pruebas de Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier se realizaron en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Las muestras se caracterizaron en un espectrofotómetro de infrarrojo con transformada de Fourier marca PerkinElmer Spectrum Two con software Spectrum al término de los 30 días de experimentación.

### ***Evaluación de la degradación por microscopía óptica***

Las Microscopías Óptica de las muestras, se realizaron en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, las morfologías de las películas se analizaron en un Microscopio Óptico marca ABBE MPT01 Modelo YJ-2016, utilizando magnificaciones de 10X con una cámara adaptada WIFI CAMERA EYEPIECE la aplicación UCAM PLUS APP.

### ***Análisis estadístico***

Para el análisis del experimento se utilizó el software estadístico Minitab Versión 18.

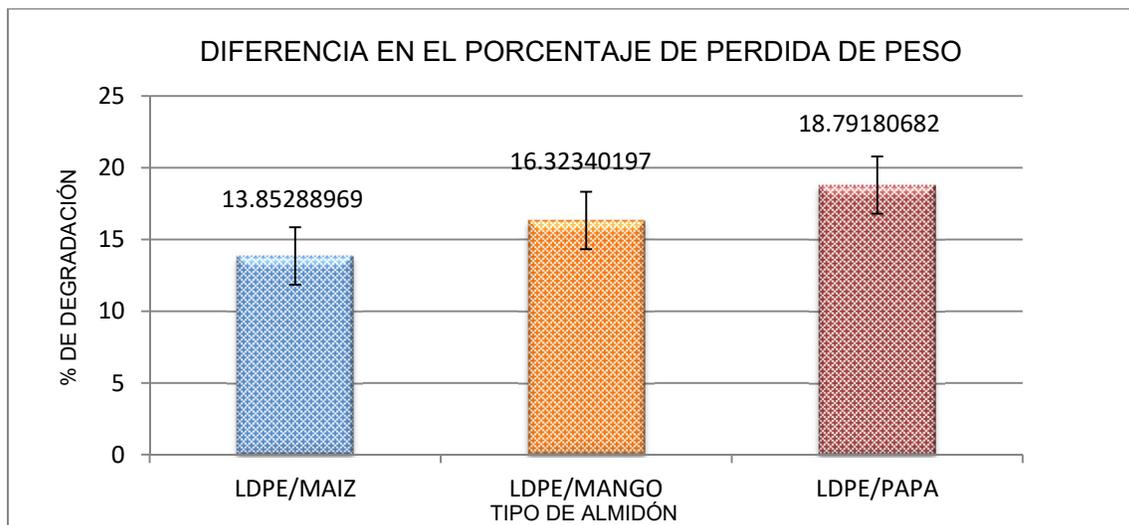
## **Resultados y Discusión**

### ***Evaluación de la degradación por pérdida de peso***

*Se tomó el peso inicial y final de cada una de las probetas que fueron sometidas a radiación dentro de la cámara UV durante 15 días, las cuales mostraron una disminución en peso con éste pre-tratamiento.*

*En la Figura 3 se muestra la pérdida de peso que sufrieron las probetas elaboradas con LDPE/Almidón después de estar sometidas en el sistema de biodegradación, siendo las elaboradas con LDPE/Almidón de papa quienes mostraron una mayor*

*pérdida de peso al final de la experimentación con respecto a los otros tipos de almidón.*



**Figura 3.- Gráfica de pérdida de peso de los diferentes tipos de almidón después de biodegradación.**

**Tabla 1.- Tabla ANOVA para el análisis del experimento.**

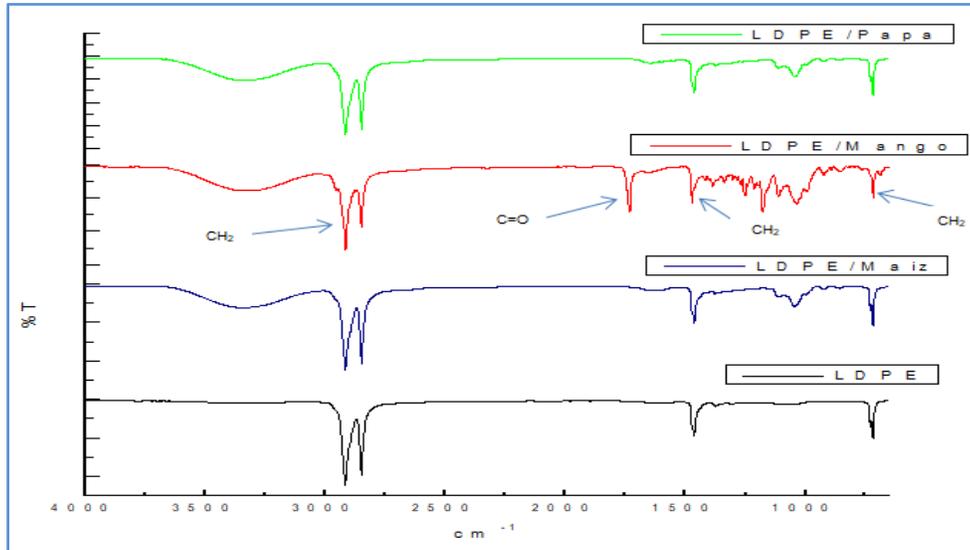
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Almidón	2	0.061022	0.030511	12.21	0.000
Tiempo radiación	1	0.004743	0.004743	1.90	0.173
Humus	1	0.011725	0.011725	4.69	0.034
Error	67	0.167355	0.002498		
Lack-of-Fit	7	0.008841	0.001263	0.48	0.847
Pure Error	60	0.158514	0.002642		
Total	71	0.244846			

Se analizaron los datos (Tabla 1) obtenidos en el ANOVA de 3 factores, con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , con lo cual se determinó que de los 3 factores considerados, el factor Tipo de almidón (A) y Tipo de humus (C) tienen influencia significativa en la degradación del material compuesto LDPE/Almidón.

### **Evaluación de la degradación por FTIR**

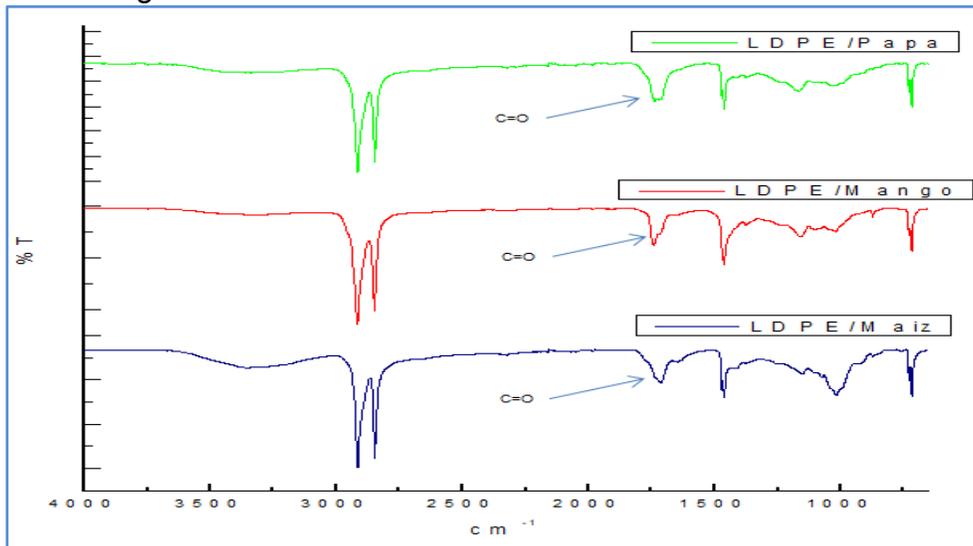
El análisis mediante FTIR permite caracterizar la estructura química a través de la identificación de los grupos funcionales presentes en cada muestra analizada.

La Figura 4 muestra las señales características de los grupos funcionales presentes en el LDPE, estiramiento de  $\text{CH}_2$  en el rango de  $3000\text{-}2800\text{ cm}^{-1}$ , flexión tijera del  $\text{CH}_2$  en el rango de  $1400\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$  y movimiento alternado del  $\text{CH}_2$  entre  $720\text{-}740\text{ cm}^{-1}$ .



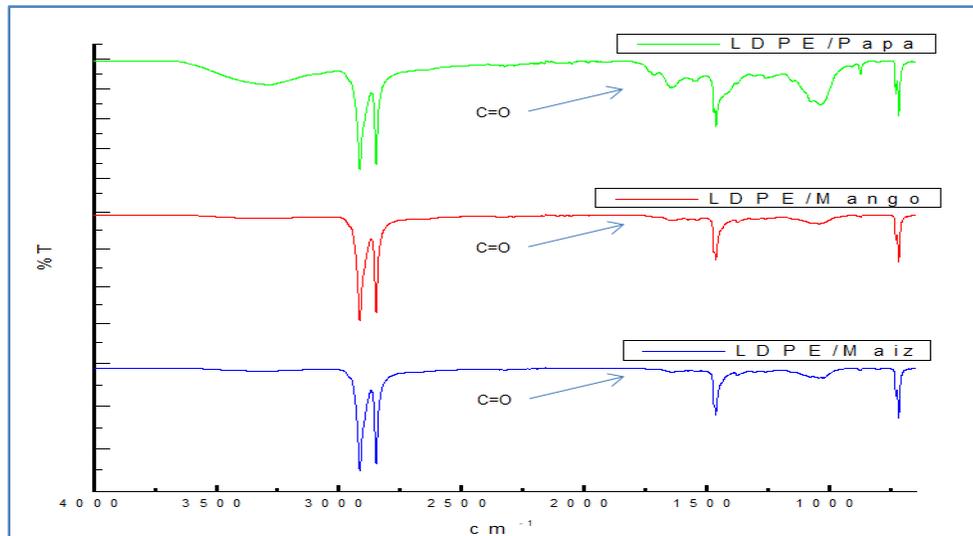
**Figura 4.- Espectro FTIR de las probetas elaboradas de LDPE/Almidón.**

Además aparece una banda en  $1700\text{ cm}^{-1}$  característica del grupo carbonilo ( $\text{C}=\text{O}$ ), únicamente para el compuesto elaborado con almidón de mango, lo que podría indicar que las temperaturas utilizadas para realizar el compuesto de LDPE/Mango están propiciando un proceso de caramelización de la glucosa presente en el almidón de mango.



**Figura 5.- Espectros FTIR de las probetas LDPE/Almidón después de exposición en la cámara UV.**

Como se muestra en la Figura 5 se siguen observando los picos característicos correspondientes al LDPE; adicionalmente se aprecia en todos los tipos de almidón la aparición del grupo carbonilo ( $\text{C}=\text{O}$ ) el cual es resultado de la fotodegradación por UV.

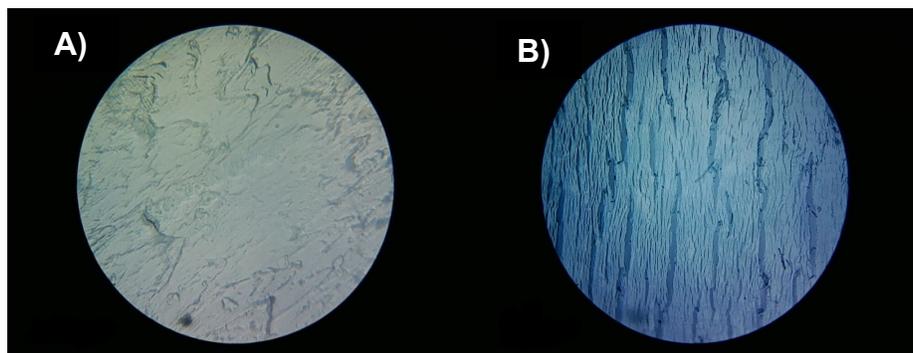


**Figura 6.-** Espectros FTIR de las probetas LDPE/Almidón después de sistema de biodegradación.

La Figura 6 muestra los espectros obtenidos de las probetas que fueron sometidas al sistema de biodegradación, con los cuales se pudo comprobar la biodegradación con la desaparición del pico característico del grupo carbonilo, mismo que es metabolizado por acción enzimática de los microorganismos presentes en los humus utilizados (Acuña, 2017).

#### **Evaluación de la degradación por microscopía óptica.**

El ensayo de microscopía óptica se realizó con las probetas que se fracturaron en las pruebas de tensión.



**Figura 7.-** Imágenes tomadas con microscopio óptico a 10X del LDPE puro A) Antes y B) Después de radiación UV.

En la Figura 7 se puede observar la probeta elaborada de LDPE puro, antes y después de estar sometido a radiación UV, el cual presenta una superficie lisa y posteriormente se visualizan grietas como resultado del pre-tratamiento. Las Figuras 8, 9 y 10 muestran la superficie de las probetas elaboradas con LDPE/Maíz, Mango y Papa respectivamente, antes y después de radiación UV; posteriormente después de estar sometidas al sistema de biodegradación, en todas las muestras se puede apreciar la presencia de concentraciones de almidón; después de la

exposición UV se nota un cambio en la superficie, la cual presenta un aspecto rugoso; por último, después de estar expuestas dentro del sistema de biodegradación se observan huecos y espacios que indican que se llevó a cabo la biodegradación por los microorganismos presentes en los humus.

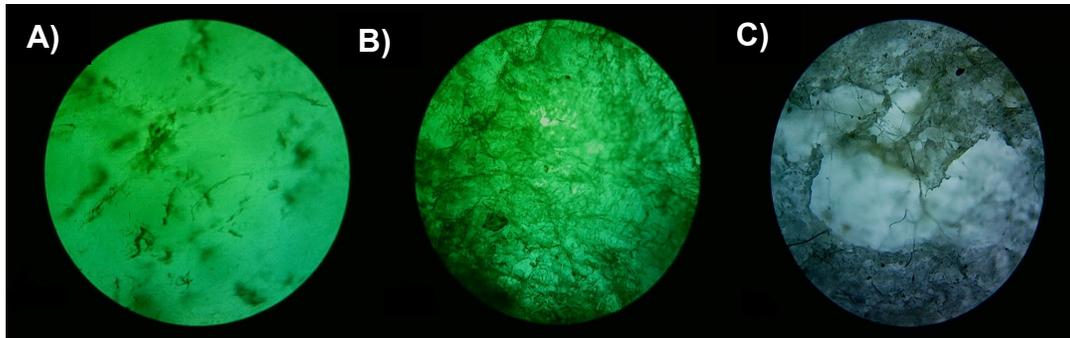


Figura 8.- Imágenes tomadas con microscopio óptico a 10X del LDPE/Maíz, A) Antes, B) Después de radiación y C) Después de exposición al sistema de biodegradación.

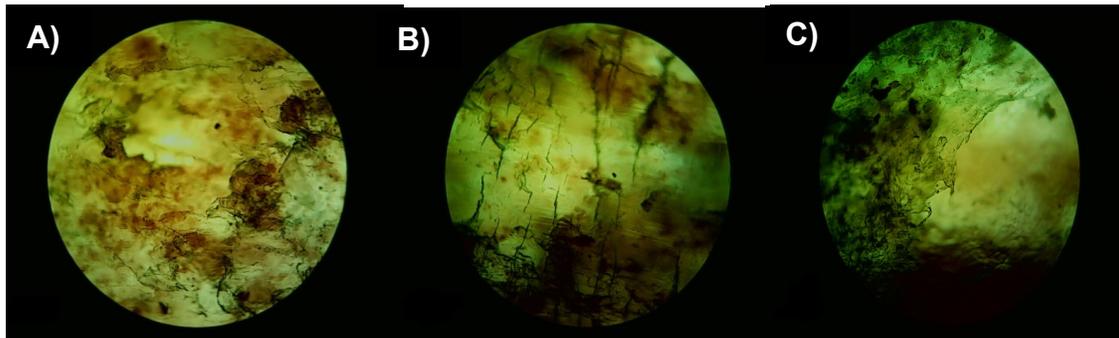


Figura 9.- Imágenes tomadas con microscopio óptico a 10X del LDPE/Mango A) Antes, B) Después de radiación y C) Después de exposición al sistema de biodegradación.



Figura 10.- Imágenes tomadas con microscopio óptico a 10X del LDPE/Papa A) Antes, B) Después de radiación y C) Después de exposición al sistema de biodegradación.

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos mediante las diferentes técnicas es posible concluir lo siguiente: El pre-tratamiento de radiación UV induce a una pérdida de peso en las probetas elaboradas de LDPE/Almidón. Dependiendo el tipo de almidón varía el

porcentaje de peso perdido después del pre-tratamiento de radiación UV y después de estar sometidas éstas al sistema de biodegradación. Mediante la caracterización por FTIR se pudo comprobar la aparición del grupo carbonilo como resultado del pre-tratamiento de radiación UV y la desaparición del mismo después de estar expuesto el material en el sistema de biodegradación lo que significa que los microorganismos presentes en los humus utilizados lo están metabolizando mediante enzimas. En las micrografías se puede observar que la mezcla LDPE/Almidón no llegó a ser completamente homogénea para ningún tipo de almidón debido a la naturaleza distinta de los 2 componentes, también se observaron los cambios sufridos en las superficies con los tratamientos de radiación UV y el sistema de biodegradación. Con el análisis de los datos (Tabla 1) obtenidos en el ANOVA de 3 factores, con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , se concluye que de los 3 factores considerados, el factor Tipo de almidón (A) y Tipo de humus (C) tienen influencia significativa en la degradación del material compuesto LDPE/Almidón

### Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para el desarrollo de este proyecto, Clave de registro: **6863.18-P**

Al CONACyT por la beca otorgada a la primer autora para los estudios de Maestría en Ciencias de la Ingeniería.

Al TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, especialmente a la División de Estudios de Posgrado e Investigación.

### Referencias.

1. Cuevas, Z.B. "Obtención y caracterización de almidones termoplásticos obtenidos a partir de almidones injertados con poliésteres biodegradables". Centro de investigación científica de Yucatán A.C., posgrado en materiales poliméricos. 2017.
2. Acuña, N. R. (2017). Revisión bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en el material. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02280.x>
3. Meza, M. F. (2013). Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina.
4. Orlando G. da S. Juniora, Renato P. de Melob, Rosemary do B.C. Salesa, Eliane Ayresa, Patrícia S. de O. Patricio. "Processing and characterization of polyethylene/starch/curauá composites: Potential for application as thermal insulated coating". *Elsevier Journal of Building Engineering*.2017.
5. SEMARNAT. (2018) Contaminación por plásticos en el océano. Cifras alarmantes. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat>
- Zahra, S., Abbas, S. S., Mahsa, M. T., & Mohsen, N. (2010). Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by isolated fungi in solid waste medium. *Waste Management*, 30(3), 396–401. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.027>

# AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE UN HOSPITAL GENERAL

**V. Licona-Márquez<sup>1</sup>, G. Castillo-Quiroz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango-marquezfaby\_72@outlook.es, [gcquiroz1977@gmail.com](mailto:gcquiroz1977@gmail.com), Avenida Tecnológico No.80, Col. 5 de Octubre Huauchinango, Puebla, México*

*Área de participación: Tecnología Ambiental (IQ)*

**Resumen:** Una de las problemáticas ambientales con mayor repercusión que se ha tenido en las últimas décadas es la contaminación del agua y del suelo por las aguas residuales provenientes de los hospitales. En el presente artículo se dimensiona una planta tratadora de aguas residuales para solucionar tal problemática, mediante la implementación de un sistema automatizado de la planta y un sistema de sensado para la detección de los contaminantes en los procesos de tratamiento. Este dimensionamiento apoyará que las implementaciones de plantas de tratamiento sean más efectivas que las convencionales para el cumplimiento de la normativa en materia de vertidos de residuos líquidos y lograr reducir los factores indeseables

## Introducción

El tratamiento de aguas residuales de los hospitales evidencia el problema de la ausencia del proceso adecuado, que aun después de la filtración, se reporta la presencia de antibióticos, bacterias, fármacos, basura, residuos de quimioterapias, mercurio entre otras. Por estas razones se buscan nuevas estrategias para que el objetivo principal sea la desinfección de las aguas contaminadas para preservar el medio ambiente. Un dato alarmante es que en 2015 se llevó a cabo un estudio en la república mexicana por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) sobre estados con PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) siendo Chiapas el estado con mayor número de plantas abandonadas debido al alto costo de operación en el cual menciona que de las 119 plantas solo 2 están en uso en la capital de Tuxtla Gutiérrez y en los hospitales no todas cumplen con las normas para la preservación del medio ambiente.

Ante esta situación registrada de las plantas tratadoras de aguas residuales, se busca dar una solución a este problema. Para ello se hace una estadía de Investigación con el proyecto "AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES DE HOSPITALES" a través del Programa Interinstitucional para el Fortalecimiento de la Investigación y el Posgrado del Pacífico mejor conocido como programa DELFIN en el Hospital de la Mujer Dr. Rafael Pascacio Gamboa en la Cd. De Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Detectando que el principal problema que se tiene, es en cuanto a su funcionamiento son del tipo manual, por consiguiente se necesita a un operario en cada determinado tiempo y no cuentan con protecciones eléctricas, o alarmas en caso de fallas.

En este artículo se propone un diseño de un sistema de automatización para ser eficiente el control de una planta de tratamientos de aguas residuales del tipo biológico para un hospital general respetando los parámetros permisibles según la norma NOM-002-SEMARNAT (Véase Figura 1).

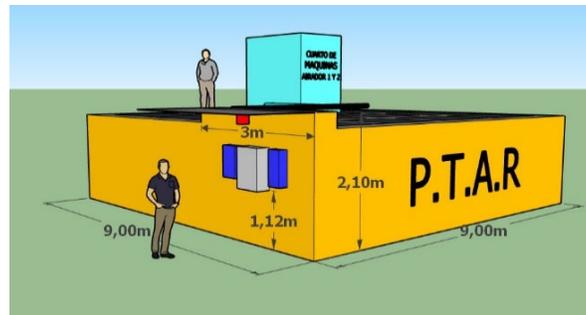


Figura 1.- Vista lado frontal derecho de la simulación elaborada en Sketch up de la PTAR de un hospital general.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### A) Levantamiento de campo

La planta tratadora de agua residual consta de 2 bombas y 2 aireadores con ciclos de trabajo alternados que mantienen a la planta realizando su proceso biológico. La PTAR tiene la finalidad de **cumplir con** la NOM-002-SEMARNAT para posteriormente verterla al drenaje municipal.

Las bombas se encargan de transportar el agua residual a la etapa de tratamiento, hasta que el sensor de nivel alcance el mínimo o máximo del agua del cárcamo. Durante este proceso las bombas están efectuando los ciclos de trabajo, para evitar una sobrecarga a los equipos de potencia como se muestra la parte izquierda de la Figura 2. En la parte derecha de la Figura 2 se muestra la etapa de tratamiento primario, donde se encuentran los aireadores, que van a suministrar oxígeno al agua tratada, para mantener con vida las bacterias usadas por la planta. Los aireadores funcionan uno a la vez, con un ciclo de trabajo de 15 minutos y una pausa de 5 min pasado dichos tiempos, se acciona el aireador contrario y se repite continuamente.



Figura 2.- Cárcamo de la PTAR del hospital y el cuarto de máquinas, aireadores y tren de filtraje.

### B) Programación para la automatización

Las etapas de tratamiento se automatizaron completamente. La automatización tiene el modo manual y automático, en estado manual, el operario puede realizar las etapas de tratamiento de la planta, si así lo desea.

El PLC instalado en el tablero eléctrico, es DC/DC/DC, requiere una fuente de alimentación de 24 V de corriente directa, significa que sus entradas y salidas funcionan con el mismo voltaje.

Se manufactura una caja para los actuadores, la entrada del PLC y se elabora una botonera que permite el manejo de la planta, permitiendo al operador: iniciar o detener el sistema, seleccionar entre modo manual y automático, y en caso de modo manual, seleccionar la bomba y el aireador con el que se desea operar.

La salida requiere una etapa de potencia, que permite excitar una bobina a 24 VCD y contactos que sean capaces de manejar voltajes de 110-220 VCA para energizar los diferentes arrancadores. Con esto se logra la manipulación de los componentes que requieren voltajes más grandes y de corriente alterna.

En la Figura 3 se muestra un diagrama de flujo para el proceso que se realiza en las bombas y aireadores para la programación del PLC.

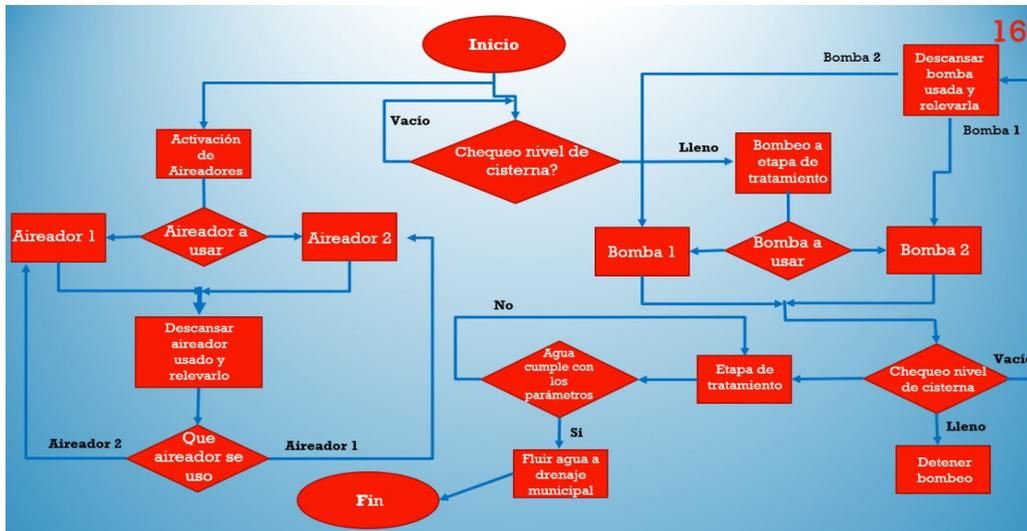


Figura 3.- Diagrama de flujo para la programación del PLC.

Se elabora un diagrama escalera en TIA PORTAL, como se muestra en la Figura 4. En el cual se desenvuelven algunos de los ciclos de trabajo descritos anteriormente y se implementan los actuadores y salidas para que interactúen en conjunto.

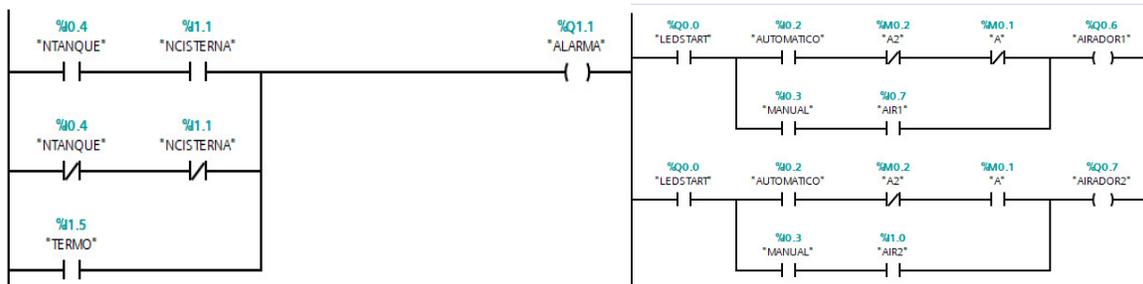


Figura 4.- Ejemplo de diagrama escalera

La programación de los sensores instalados de cloro (Sensorex Sensor de cloro) y PH (Rosemount 396p-02-10-54 Sensor De Ph) utilizados para la etapa de retorno, toma una entrada analógica del PLC, donde tiene la opción de tomar un valor de

tensión o corriente, y es interpretado por el PLC (Véase Figura 5). Se requiere un valor que no se encuentra en los extremos, sino un determinado intervalo que entra dentro de nuestros parámetros permisibles de un rango de 0-2 ppm.

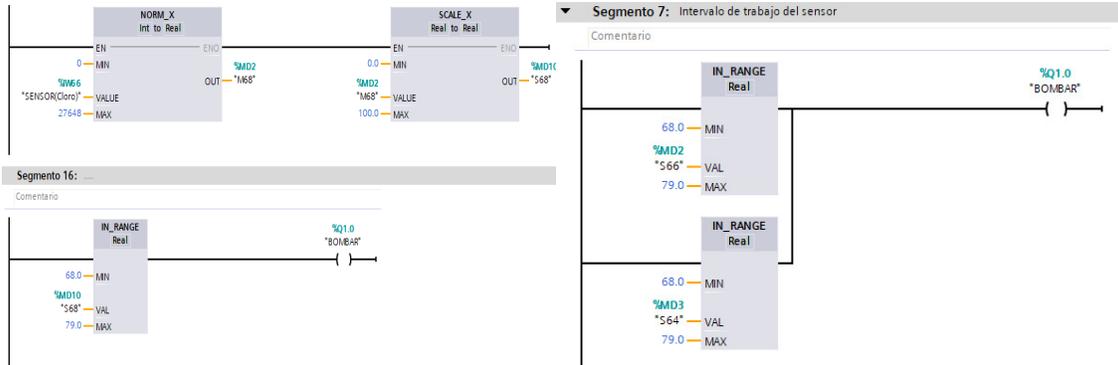


Figura 5.- Segmentos que demuestra la programación del sensor

**C) Diseño y materiales para la automatización**

Se emplea un PLC SIEMENS S7-1200 (Véase Figura 6), se debe mencionar que no se descarta el control manual, que es implementado en la lógica del controlador.



Figura 6.- PLC SIEMENS S7-1200 utilizado para la automatización de la PTAR

La automatización de la planta está enfocada en la instalación de dispositivos como: paro emergente, botoneras de arranque y paro, focos piloto, condiciones, temporizadores, torreta visual y auditiva, selectores etc., que permiten realizar el proceso de tratamiento, de una manera eficaz, precisa y reducir el error que surge al ser operado manualmente.

Posteriormente se diseña y realiza un gabinete que contengan todos los componentes eléctricos. Véase la Figura 7.

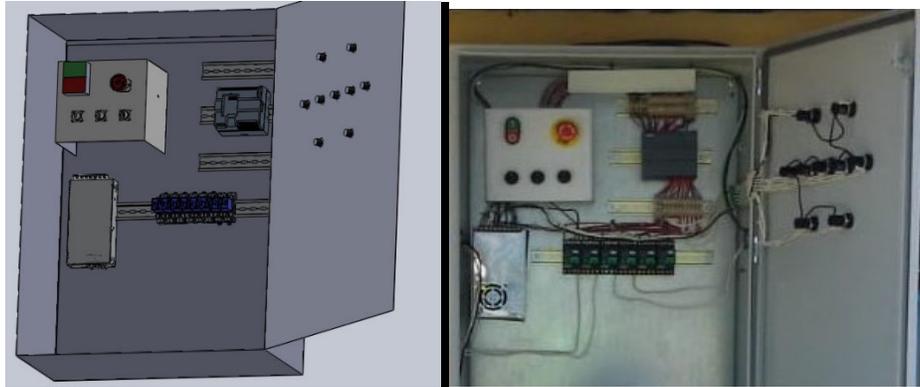


Figura 7.- Gabinete realizado en SolidWorks y en físico.

#### D) Ensamble del gabinete

Las salidas del sistema cuentan con focos piloto, que indican los componentes activos durante los procesos. En la Figura 8 se muestran los focos piloto colocados en el gabinete eléctrico simulados en SolidWorks e instalados físicamente que indican el estado de las bombas, aireadores, estado manual o automático retorno y estado del PLC así como la alarma.

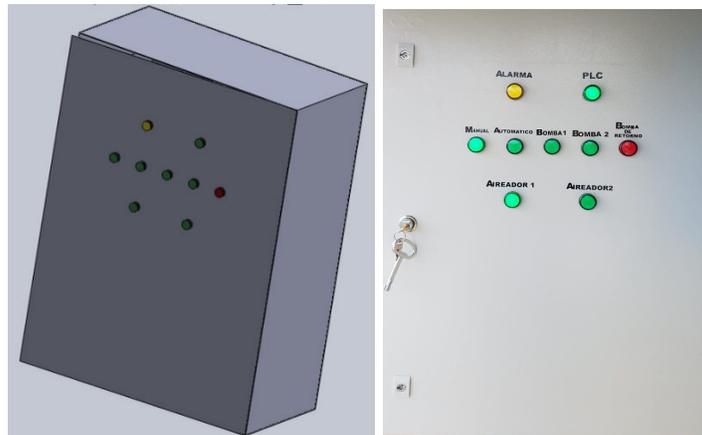


Figura 8.- Focos piloto en el gabinete simulado en SolidWorks y colocados en físico

#### E) Censado del agua

El agua tratada es medida para verificar que cumpla con la norma mencionada anteriormente, retornándola a la etapa secundaria de tratado para eliminar los últimos residuos que puedan hallarse.

Para el proceso de retorno se utiliza una bomba de  $\frac{1}{2}$  HP debido que el caudal es mínimo, la bomba es colocada en el ducto que lleva el agua lista para mandar a municipio, en el tren de filtraje se colocó un sensor de PH (Rosemount 396p-02-10-54 Sensor De Ph) para medir acidez o alcalinidad que pueda presentar, si no cuenta con los parámetros permitidos según la NOM-002 SEMARNAT esta la retornará, haciendo que el sistema de bombas se apague con la finalidad de que no llegue más agua a la etapa terciaria. Posteriormente se programó en el PLC un margen de error en el sensor de PH, tomando en cuenta su rango para que no esté retornando a cada momento.

En la misma etapa, se mide la cantidad de cloro, para asegurar la desinfección del agua casi en su totalidad puesto que no todos los microorganismos son eliminados.

Cuando se obtengan los valores que entran en los intervalos de PH y clorado se podrá validar el agua y mandarla a municipio y poder concluir con el proceso.

### F) Protección del gabinete

Para la protección eléctrica del gabinete se coloca el electrodo de 3 m de largo en la esquina de la planta (Véase la Figura 9), no se requiere de algún otro material, pues la tierra del hospital es húmeda y un cable calibre 8#, guiándonos bajo los códigos de color de cables eléctricos el cable fue verde (toma a tierra).



Figura 9.- Electrodo proveniente del gabinete colocado en la esquina de la planta

## Resultados y Discusión.

### A) Gabinete en funcionamiento

En la parte izquierda de la Figura 10 se muestra los 3 selectores, el primero se encuentra en modo manual el segundo indica que la bomba uno está en función y el tercer selector indica que el aireador uno está en marcha. En la parte derecha de la Figura 11 se muestra los indicadores piloto que señalan que está funcionando correctamente el PLC, en el siguiente piloto muestra que la planta está siendo maniobrada manualmente y que solo se encuentra funcionando el aireador 1.

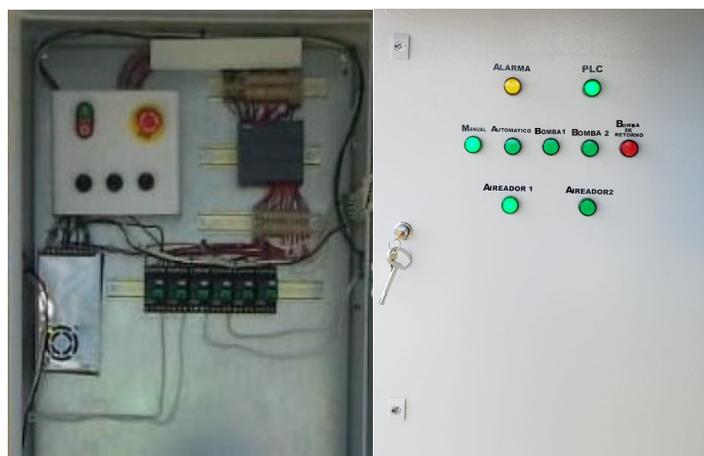


Figura 10.- En la izquierda se muestran los selectores e indican el estado en el que se maniobra la planta. En la derecha se muestran los focos piloto que señalan el funcionamiento de la PTAR

## B) TORRETA GIRATORIA

La torreta se activa en cuatro situaciones y/o condiciones diferentes, primera cuando el cárcamo sobrepase el nivel máximo (4.30 m), segunda cuando el PLC no funcione correctamente, tercera cuando los sensores no funcionen adecuadamente y cuarta si algunas de las dos bombas o aireadores no realicen su trabajo en buen estado. Esto quiere decir que indica si hay falla en el PLC o en la PTAR del hospital. Véase la Figura 11



**Figura 11.-** Torreta que indica alguna falla en el gabinete

En la Tabla 1 se hace una comparación en cuanto a su funcionamiento de PTAR entre tipo manual y automática.

**Tabla 1.-** Comparación de la Planta Tratadora de Aguas Residuales antes y después de la Automatización.

### ***Planta Tratadora de Aguas Residuales-Manual***

Las bombas y aireadores realizaban su función mediante tres switch de un polo tres tiros que iban conectados a relevadores, de ahí a switch termagnéticos, los cuales se accionaban con un interruptor automático trifásico, la PTAR se energizaba mediante una pastilla térmica de 10 A y no contaba con tierra física.

### ***Planta Tratadora de Aguas Residuales-Manual/Automática***

La PTAR Realizaba su funcionamiento mediante tres selectores de los cuales eran: manual/ automático, bomba 1/bomba 2, aireador 1/aireador 2, botonera de arranque y paro, al igual se colocó un botón de paro de emergencia en el gabinete, contaba con focos piloto para que indicaran los componentes eléctricos activos durante el proceso, finalmente se instaló una torreta que era activada en cuatro situaciones y/o condiciones diferentes en la planta.

## **Conclusiones**

Se diseñó e implementó la automatización de la PTAR que minimiza y remueve los contaminantes provenientes de las aguas residuales de los hospitales cumpliendo con la NOM-002 SEMARNAT, reduciendo hasta un 60% en los residuos sólidos del agua y otros tipos de contaminantes.

Con la automatización de la PTAR se obtuvo una eficiencia hasta de un 30% en bombas y aireadores pues se alternan cada determinado tiempo en su ciclo de trabajo.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este trabajo y al Programa Interinstitucional para el Fortalecimiento de la Investigación y el Posgrado del Pacífico mejor conocido como programa DELFIN por permitir un verano de Investigación en el Hospital de la Mujer Dr. Rafael Pascacio Gamboa en la Cd. De Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

### Referencias

- 1.-Canto Q., C. E. (10 de marzo de 2018). *Portal de Universidad Autonoma de San Luis Potosí*. Obtenido de [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/25\\_SENSORES\\_CAPACITIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENSORES_CAPACITIVOS.PDF)
- 2.-Mendez H., A. (17 de febrero de 2018). *Introducción a los PLC's*. Obtenido de <http://docentes.uni.edu.ni/fec/Alejandro.Mendez/IntroduccionPLCs.pdf>
- 3.-Cordoba Nieto, H. (2016). Manufactura y automatización. *Ingeniería e Investigación* , 120-128.
- 4.-Chavarría Cosar, R. (21 de febrero de 2018). *Centro de investigación y asistencia técnica- Barcelona*. Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp\\_086.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_086.pdf)
- 5.-Vallacís Chimborazo, F. (2013). Automatización del Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales en TECNOVA S.A. *Universidad Politécnica Salesiana*, 175. Rodríguez Areas, Y. A. (10). Propuesta de Automatización de una Planta de Tratamientos de Agua Para uso Industrial. *Politécnica*, 103-113.
- 6.- Rodríguez Areas, Y. A. (10). Propuesta de Automatización de una Planta de Tratamientos de Agua Para uso Industrial. *Politécnica*, 103-113
- 7.- Carabias Lillo, J. (21 de septiembre de 1998). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-SEMARNAT-1997*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf>
- 8.- Obando, J. (2016). Un vistazo a la problemática del Diseño y Control de procesos. *Virtual Pro*, 143.

## SISTEMA HIDROPÓNICO EN SUSTRATO CON MONITOREO INTELIGENTE DE SALINIZACIÓN

José Luis Eguía Rivas Ing es Profesor de Ingeniería Electrónica en el Tecnológico Nacional de México, en el Instituto Tecnológico de Cuautla, Cuautla, Morelos, México.

[joseluiser@hotmail.com](mailto:joseluiser@hotmail.com) (autor corresponsal)

ME Guillermina Sánchez Marino es Profesora de Ingeniería Electrónica en el Tecnológico Nacional de México, en el Instituto Tecnológico de Cuautla, Cuautla, Morelos, México

[guillermina.sanchez@itcuautla.edu.mx](mailto:guillermina.sanchez@itcuautla.edu.mx)

*Área de participación: Tecnología ambiental*

**Resumen**—La agricultura es un tema relevante al ser una de las principales fuentes de alimentación, al obtener el censo de parámetros en la producción, como la salinización y con los datos recopilados, se tomaran acciones mediante un sistema hidropónico automatizado, donde estarán establecidos parámetros de funcionamiento de acuerdo a la comparación entre los rangos determinados y las lecturas obtenidas. Al mismo tiempo los datos se guardaran en una base de datos para su posterior consulta, permitiendo de esta manera pronosticar comportamientos futuros del cultivo y prepararse para eventos significativos como la floración de la planta, fechas de fumigación o las fechas de cosecha con un rango de error aceptable. Implementando sistemas de control sobre la fertirrigación para llevar una correcta suministración de nutrientes en los cultivos, se logra el incremento de las ganancias del productor, al aumentar la productividad del cultivo y reducir costos en recursos.

**Palabras clave**—agricultura, salinización, hidropónico, sustrato y fertirrigación.

### Introducción

Uno de los aspectos más importantes para obtener una producción de calidad es la nutrición de las plantas. La existencia de un déficit nutricional se refleja en el bajo desarrollo y producción del cultivo. Por el contrario, el exceso de nutrientes además de generar pérdidas de recursos, este provoca un deterioro al suelo y a su fertilidad reduciendo su ciclo de vida.

Los nutrientes contienen sales minerales que pueden ser traducidos a conductividad eléctrica (CE), por lo tanto, si se mantiene un equilibrio en los niveles de salinidad entonces será posible controlar el suministro de nutrientes necesarios para la planta. Actualmente, el proceso de monitoreo y registro de la conductividad eléctrica se realiza de forma manual, requiriendo un monitoreo de 24 horas debido a las variaciones climáticas que tienden a modificar el tiempo, la hora y la cantidad de nutrientes que se deben suministrar.

En México el desarrollo tecnológico en el sector agrícola tiene un gran rezago en la automatización de procesos. Por lo que, se busca generar tecnologías de producción que se ajusten a las condiciones habituales de las diferentes regiones del país y que sean factibles para ser llevadas a la práctica por la mayoría de los productores.

La solución propuesta por Monthly Ground es crear un sistema de monitoreo y control eficiente sobre la fertirrigación basado en los niveles de salinidad. El sistema estará compuesto por un conjunto de sistemas como son: de riego, de control, de sensores y de comunicación, además de una aplicación móvil de consulta.

La investigación presentada tiene como propósito la implementación del mencionado sistema basado en los niveles de salinidad, que proporcione un equilibrio nutricional en los cultivos producidos en invernadero. Entendiéndose como fertirrigación a la técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. La hidroponía es un método de producción agrícola que incorpora de forma más simple los nutrientes que favorecen al desarrollo del cultivo. Por otra parte, el uso de invernaderos beneficia al productor, permitiendo un control más riguroso de producción. Al fusionar estos dos elementos con la automatización, encontramos una oportunidad de trabajar con un proyecto de impacto tanto ambiental como social, desarrollando tecnología que favorece la producción controlada de alimentos de alta calidad.

Al mismo tiempo, se desarrollará una aplicación móvil que proporcione al usuario una visualización de la lectura en tiempo real.

La investigación surge de la necesidad de generar tecnologías que permitan aumentar la productividad de los cultivos en invernadero y que sean accesibles para los medianos y pequeños productores.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

La salinización del suelo es un grave problema para la agricultura, debido a que provocan una disminución en el desarrollo y producción del cultivo. El uso de invernaderos ofrece un ambiente controlado. Sin embargo, realizar el monitoreo y medición de forma manual es un proceso complejo. Con este sistema se logra obtener un monitoreo y control eficiente, permitiendo saber si las cantidades de sal son suficientes para afectar la germinación, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua.

También la salinidad de los suelos está provocando una importante disminución en el desarrollo y producción de los cultivos y por otra parte, los sistemas de riego automatizados que se encuentran actualmente en el mercado trabajan en base a parámetros como el tiempo y la humedad, dejando a lado otros parámetros importantes como es la salinidad.

Conociendo esta información y usando las tecnologías actuales se buscó cumplir con las siguientes características:

- Monitoreo continuo de la salinidad del suelo.
- Control eficiente en la fertirrigación.
- Accesible a pequeños productores.
- Adaptable a cualquier invernadero.

### **Resultados**

Una vez aplicadas y analizadas las encuestas y entrevistas aplicadas y tomando en consideración los resultados obtenidos de la presente investigación se llegó a los siguientes resultados:

#### *Sistema de control*

Se definió como es la interacción entre el sistema de control, el sistema de riego y los sensores, importantes para identificar las variables y operaciones

necesarias en la programación del sistema de control. Se realizaron las conexiones para el correcto funcionamiento del sistema de control. En donde la placa Arduino recibe las conexiones de los sensores y la etapa de potencia para encender la bomba.

Los sensores son colocados en el suelo del cultivo para realizar la lectura continua de la conductividad, si el nivel de salinidad es bajo, el sistema de control le indica al sistema de riego que comience con el riego, por el contrario, el sistema de riego se detendrá. Las tareas serán efectuadas por cada elemento presente en el sistema. En donde, la lectura efectuada por los sensores llegará al sistema de control quien realizará una comparación entre el promedio obtenido y los parámetros establecidos, mandando una orden de activación o desactivación al sistema de riego.

En primer lugar, se definieron los pines de la placa Arduino por los cuales entrarían los datos obtenidos por los sensores. Luego, se establecieron los pines de entrada para recibir la información de los sensores y un pin de salida para mandar la orden de activación o desactivación a la bomba del sistema riego. Cada lectura recibida por los sensores es procesada, obteniendo un promedio para posteriormente realizar una comparación con los parámetros establecidos como rango mínimo y máximo, de acuerdo a la condición que se cumpla, el sistema de control mandara la orden correspondiente al sistema de riego.

La aplicación desarrollada tiene tres funciones: la primera On/Off para encender o apagar el bluetooth de nuestro dispositivo; la segunda Conectar se encarga de emparejar el bluetooth de nuestro dispositivo con el bluetooth del sistema de control; la tercera Leer por la que se obtendrá la conductividad actual. Ver Figura 1.

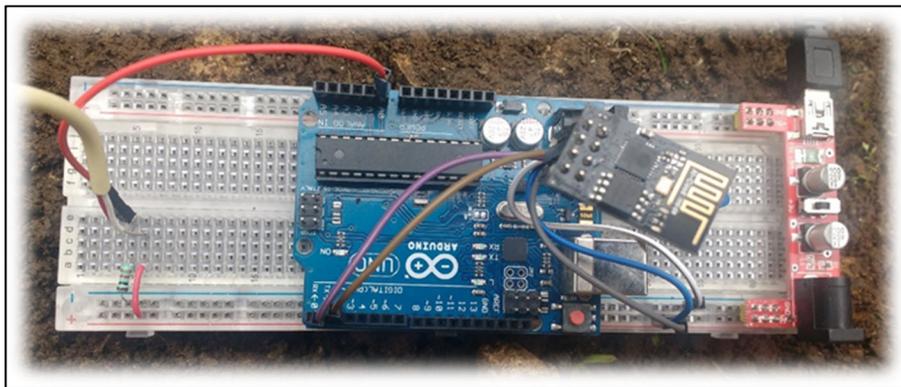


Figura 1. Sistema de control.

Una vez realizada la conexión, dando clic en el botón de Leer la aplicación recibirá el valor de la conductividad desde el sistema de control, desplegándola en la pantalla del dispositivo

Así mismo se desarrolló la aplicación de consulta que mostraría la lectura recibida de los sensores en tiempo real, se efectuaron las actividades de diseño y programación de la aplicación, así como la conexión con el sistema de control encargado de enviar la información mostrada. El diseño de la aplicación se efectuó mediante la herramienta online NinjaMock, y se pudo visualizar la pantalla de login, esto con la finalidad de restringir el acceso a la aplicación.

El módulo wifi Esp8622 se conecta a la placa arduino, creando el sensor inalámbrico. La placa arduino contendrá una página, para visualizar la página es necesario conectar el dispositivo al módulo WiFi (previamente configurado), en el navegador se coloca la dirección IP del módulo WiFi cargando una página y mostrando la conductividad obtenida.

El sistema es adaptable, no requiere estructuras especiales para su implementación; es modular ya que el sistema de sensores y sistema de control, puede ser acoplado a un sistema de irrigación ya existente; no requiere de elevadas sumas de dinero; el periodo de mantenimiento y revisión de los sensores es aproximadamente de seis meses. Por otra parte, pertenece al campo técnico de la Automatización, por lo que no se necesita de la intervención directa del agricultor, haciendo de este un proyecto óptimo.

### **Ventajas y beneficios**

Actualmente existen herramientas de medición de la salinidad que necesitan la intervención del usuario, sin llevar registros de lecturas, ni manejo del sistema de riego, volviéndolo un proceso de control complejo.

A diferencia de otros sistemas, no necesita de estructuras especiales, siendo adaptativo a cualquier invernadero, permitiendo mejorar la producción del cultivo y minimizando el desperdicio en sustrato, lo que conlleva a un aumento del ciclo de vida de la tierra y una mayor ganancia al agricultor.

Alrededor del 86% de las unidades de producción son menores a 0.5 hectáreas. Esto indica que la mayor parte de los agricultores tienen unidades pequeñas de producción, lo que limita su acceso a la tecnología, capacitación y asistencia técnica. Por lo que se busca ofrecer un sistema de bajo costo que sea accesible para pequeños productores, permitiendo su implementación con el fin de mejorar las condiciones de desarrollo y producción del cultivo, obteniendo así mayores beneficios económicos.

### **Conclusiones y recomendaciones**

La agricultura es un tema relevante al ser una de las principales fuentes de alimentación, sin embargo, no ha sido completamente explorado en cuanto a la aplicación de tecnologías para la solución de diversos problemas. Considerando que la mayoría de los productores cuentan con pequeñas cantidades de producción, dejándolos limitados al acceso de la tecnología, se deben generar sistemas que permitan aumentar de forma efectiva la producción de sus cultivos.

Conociendo la importancia de mantener un equilibrio nutricional de un cultivo y teniendo presente la relación entre la salinidad y los nutrientes, se pueden generar tecnologías accesibles que permitan monitorizar parámetros importantes como es la salinidad del suelo mediante el uso de la conductividad eléctrica.

Implementando sistemas de control sobre la fertirrigación para llevar una correcta suministración de nutrientes en los cultivos, se logra el incremento de las ganancias del productor, al aumentar la productividad del cultivo y reducir costos en recursos.

Es recomendable continuar con el trabajo realizado, mejorando el alcance de los sensores, así como la integración de una base de datos a la aplicación móvil desarrollada que permita llevar un registro de las lecturas obtenidas.

## Apéndice

### Cuestionario utilizado en la investigación

Nombre: \_\_\_\_\_

Ocupación: \_\_\_\_\_

Objetivo: Analizar la situación actual del campo con respecto a la salinidad y conocer el proceso de control y medición de la salinidad del suelo de cultivo.

1. ¿Cuáles son los principales problemas causados por la salinidad del suelo?
2. ¿Considera importante llevar un control de la salinidad del suelo (si/no)? ¿por qué?
3. ¿Qué instrumentos de medición utiliza para llevar a cabo este proceso?
4. ¿Cómo se realiza el proceso de medición de salinidad?
5. ¿Cada cuánto lleva a cabo la medición de la salinidad?
6. ¿Qué tiempo tarda en llevar a cabo el proceso?
7. El sistema de riego que utiliza actualmente, ¿le permite llevar un buen control de los nutrientes suministrados?

### Referencias

1. Agrosal. (s.f.). Recuperado el 2 de junio de 2016, de <http://agrosal.ivia.es/evaluar.html>
2. Android Studio. (s.f.). Recuperado el 21 de junio de 2016 de <http://developer.android.com/studio/intro/index.html/estructuradelproyecto>
3. Cedillo Portugal, E. & Calzada Sandoval, M. L. (s. f.). La horticultura protegida en México situación actual y perspectivas.
4. Dinastía tecnológica. (10 de junio del 2016). Obtenido de <http://www.electronicoscaldas.com/modulos-rf/482-modulo-bluetooth-hc-06.html>
5. ESP8266. (10 de octubre de 2016). Obtenido de <http://visystem.ddns.net:7442/ESP8286-modulos/>
6. Novedades agrícolas. (s.f.). Recuperado el 5 de junio de 2016, de
7. <http://www.novedadesagricolas.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-automatico>.
8. Prieto Blázquez, J. (s.f.). Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos. UOC.
9. Robledo Sacristán, C., & Robledo Fernández, D. (s.f.). Programación en Android. España: Aula mentor.
10. Santiago Rodríguez, J. D. (s.f.). Intagri. Recuperado el 22 de mayo de 2016, de la salinidad de los suelos, un problema que amenaza su fertilidad: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/salinidad-de-suelos-problema-de-fertilidad>
11. Torrente Artero, Ó. (2013). Arduino. Curso práctico de formación. Madrid: RC.

# OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE CONCENTRADORES CILINDRO PARABÓLICOS COMO FUENTE DE ENERGÍA LIMPIA

Reyes Santiago Quintero González <sup>a</sup>, Yuridiana Rocío Galindo Luna <sup>b\*</sup>, Rosenberg J Romero D <sup>c</sup>, Jorge Díaz Salgado <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Químicas e Ingenierías, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad, No. 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos

[reyes\\_96\\_13@hotmail.com](mailto:reyes_96_13@hotmail.com)

<sup>b\*</sup> Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, calle Xochicalco, col. Azteca, C.P. 62588, Temixco, [Morelos ygalu@ier.unam.mx](mailto:ygalu@ier.unam.mx)

<sup>c</sup> Centro de investigaciones en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad, No. 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos

<sup>d</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec Edo. de México  
[jorge.diazs@uaem.mx](mailto:jorge.diazs@uaem.mx)

**Área de participación:** Tecnología ambiental (IQ)

**Resumen:** La tecnología de los Concentradores Cilindro Parabólico (CCP) es una de las tecnologías ampliamente estudiadas. Se utiliza generalmente para concentrar energía solar, capaz de operar a temperaturas por encima de los 85 °C, con mayor eficiencia térmica y utilizando un área de recolección inferior a las otras tecnologías solares. La reducción de la contaminación por Gases de Efecto Invernadero (GEI), debido a la sustitución de la energía eléctrica y combustibles fósiles; es la principal ventaja de la utilización de sistemas solares térmicos. En este trabajo se presenta los resultados de la operación de una planta de CCP que consta de 15 dispositivos, dispuesta en 3 líneas con un área total de 38.43 m<sup>2</sup>, cada concentrador posee las siguientes características: 2.44 m de largo, 1.05 m de ancho, ángulo de borde 90° y orientación norte-sur. Con el objetivo alcanzar niveles térmicos por encima de los 90 °C y ser utilizada como fuente de energía limpia. Se realizaron pruebas experimentales durante el mes de noviembre del 2018, la temperatura máxima registrada en los termotanques fue de 93.3 °C, con un flujo de agua de 18.4 l/min, con valores de irradiación directa (Gb) en un rango de 383.6 a 1422.3 W/m<sup>2</sup>. De acuerdo a los resultados obtenidos esta planta solar brinda la oportunidad de utilizarse como una fuente térmica alternativa para procesos industriales que demanden temperaturas por encima de los 90 °C.

## Introducción.

La demanda mundial de energía está creciendo y las fuentes de energía convencionales como el carbón y el petróleo son agotables y los recursos renovables jugarán un papel crucial en el futuro. A medida que se reduce el suministro mundial de combustibles fósiles, existe una gran necesidad de energía renovable limpia y asequible [1]. La energía solar de concentración es una tecnología prometedora, la conversión de los rayos solares concentrada en calor es de vital importancia en la concentración de energía. Principalmente se cosecha la luz solar directa del sol (llamada irradiación directa) [2]. La energía solar, representa una opción viable como fuente de energía, existen dos categorías de colectores solares: no concentración y concentración. El colector cilindro parabólico consta de una superficie de alta reflectividad en forma de cilindro parabólico, en el foco es colocado el tubo receptor conformado por un tubo de cobre, por donde fluye el fluido que transportará la energía térmica [3].

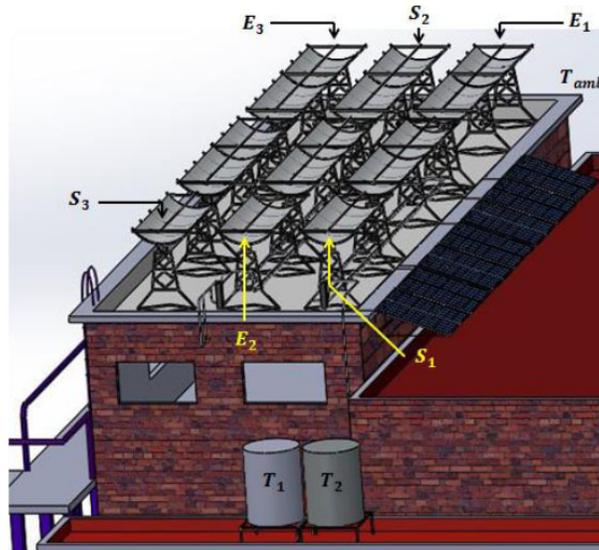
Alcanzando temperaturas medias y altas, el calor solar recolectado durante el día se puede utilizar en procesos industriales involucrados entre ellos como: procesos químicos, papel, textiles y preparación de alimentos, así como secado, esterilización, limpieza, evaporación, vaporización y acondicionamiento (calefacción y refrigeración) de edificios industriales, se obtiene agua caliente de (80-250 °C) para generación de vapor. Un ejemplo de los procesos que se puede emplear es la des infestación del suelo por agua caliente y vapor es una técnica agrícola que recientemente ha atraído un creciente interés debido a su bajo impacto ecológico, en particular, donde operan las temperaturas están en el rango de 70 a 110 °C [4].

### Sección Experimental

La planta de Concentradores Cilindro Parabólico se compone de un campo de 15 unidades de espejo parabólicos, como se observa en la Figura 1, 2 termo tanques de almacenamiento térmico, una bomba, las válvulas y tuberías que interconectan los elementos del sistema. Con una superficie total del espejo de 38.43 m<sup>2</sup>. Los ejes de la planta están orientados de norte-sur (3 filas de 5 unidades de colectores) alineado con el control de seguimiento de un solo eje [5,6]. La planta de CCP se conectó en serie y se instaló en el techo del edificio en el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp-UAEM) en Cuernavaca, Morelos, como se observa en la Figura 2.



**Figura 1.** Planta de Concentradores Cilindro Parabólico



**Figura 2.** Diseño de la planta de CCP como se encuentra trabajando actualmente.

**Tabla 1.** Ubicación de los sensores de la planta.

Símbolo	Parámetro
E <sub>1</sub>	Entrada 1
E <sub>2</sub>	Entrada 2
E <sub>3</sub>	Entrada 3
S <sub>1</sub>	Salida 1
S <sub>2</sub>	Salida 2
S <sub>3</sub>	Salida 3
T <sub>1</sub>	Termo tanque 1
T <sub>2</sub>	Termo tanque 2
T <sub>amb</sub>	Temperatura ambiente

La bomba de suministro toma el agua a la temperatura de entrada y alimenta cada línea, la temperatura de salida de los concentradores aumenta de acuerdo con la radiación solar. El agua se almacena dentro de dos termotanques de almacenamiento con una capacidad de 300 L en cada uno (Figura 3) ya que permite el almacenamiento de energía térmica temporal para su uso posterior, la temperatura aumenta gradualmente durante el día. Las condiciones de funcionamiento en el conjunto de los CCP, como la temperatura, la radiación solar y los caudales de masa, se controlaron mediante la instrumentación que se describe en la siguiente sección.

La temperatura se midió mediante un conjunto de termopares tipo "T"; Para registrar los datos de irradiación solar se utilizaron un par de piranómetros Licor serie PY101122 y PY106225. El caudal másico se registró utilizando un medidor de flujo de hélice. Se utilizó un sistema de adquisición de datos de HP que utiliza el software Agilent VEE Pro 9.2 para procesar las señales de salida de los diferentes sensores. En la Tabla 2 se muestra los parámetros con los que esa conformada la planta.



Figura 3. Termo tanques con 300 L de capacidad cada uno.

Tabla 2. Parámetros del colector parabólico.

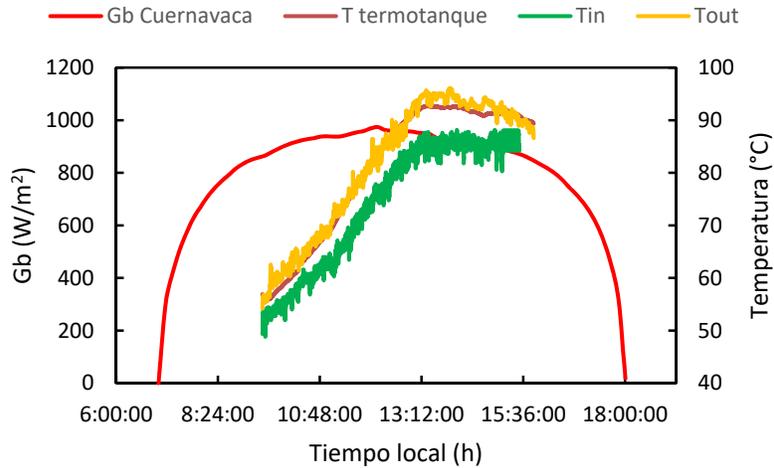
Parámetro	Valor	Unidad
Longitud	2.44	m
Ancho	1.05	m
Área de Apertura	2.56	m <sup>2</sup>
Angulo de Borde	90	° C
Diámetro exterior	0.0254	m
Diámetro interior	0.019	m
Longitud focal	0.26	m

Número de CCP 15

Orientación Norte-Sur

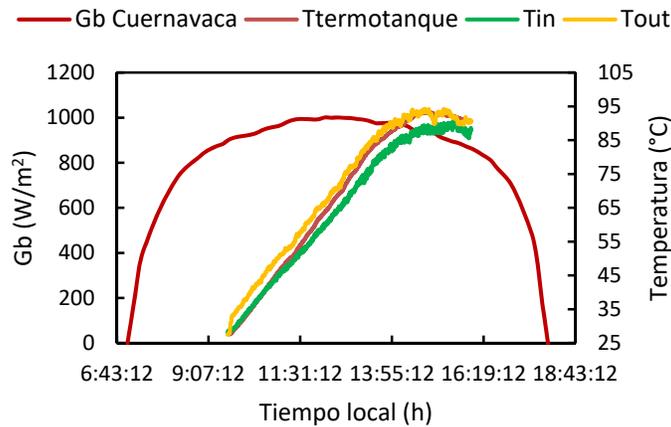
### Resultados y Discusión

La prueba se realizó en un horario de 9:30 am a 16 h, el comportamiento de la irradiancia directa para la ciudad de Cuernavaca es mostrado en la Figura 4, los niveles térmicos correspondientes al termotanque, a la entrada y salida de la planta solar, son mostradas en el eje secundario. El nivel máximo de  $G_b$  fue de  $974 \text{ W/m}^2$  alrededor del mediodía, la temperatura máxima alcanzada en los termotanques fue de  $92.7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Después de las 15 h, se observa como disminuyen los niveles térmicos, lo anterior obedece a la disminución de irradiancia.



**Figura 4.** Irradiancia y niveles térmicos a lo largo del día, correspondientes al 6 de noviembre de 2018.

En la Figura 5, en el eje principal se puede apreciar el comportamiento de la irradiancia directa (Gb) sobre la ciudad de Cuernavaca, mientras que en eje secundario se observa el comportamiento de los perfiles térmicos del termotanque, la temperatura de entrada y la temperatura de salida de la planta de concentradores. El valor de irradiancia máxima para este día fue de 1001 W/m<sup>2</sup> como se puede observar. El termotanque alcanzó una temperatura máxima de 93.3°C después de las 14 h.



**Figura 5.** Irradiancia y niveles térmicos a lo largo del día, correspondientes al 22 de noviembre de 2018.

Las pruebas no se continúan después de las 16 h, debido a la pérdida de energía que presenta al disminuir la irradiancia. Para aprovechar la energía se sugiere detener la prueba a las 16 h y comenzar al otro día, con la finalidad de evitar las pérdidas al ambiente.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de las pruebas experimentales, la planta de concentradores cilindro parabólicos es capaz de alcanzar temperaturas en el termotanque de 93°C, con niveles de irradiancia cercanos de los 1000 W/m<sup>2</sup>. El fluido de trabajo es almacenado en 2 termotanques. Esta energía térmica representa una alternativa de energía limpia, debido al potencial de aprovechamiento para procesos de calentamiento a nivel industrial.

## Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento al proyecto CeMIE-Sol-P09 del fondo de sustentabilidad SENER-CONACyT, así como a la red temática Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad (SUMAS) proyecto 293876 y finalmente la Dra. Y.R. Galindo-Luna agradece al proyecto CIC 2018 por el apoyo financiero.

## Referencias

1. Devander Kumar Lamba, A REVIEW ON PARABOLIC TROUGH TYPE SOLAR COLLECTORS: INNOVATION, APPLICATIONS AND THERMAL ENERGY STORAGE. Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering. YMCA University of Science & Technology, Faridabad, Haryana, Oct 19-20, 2012 for hot water and low enthalpy steam generation.
2. Wanjun Qu, Ruilin Wang, Hui Hong, Jie Sun, Hongguang Jin. Tet of a solar parabolic trough collector its rotatable axis tracking. App lied Energy 207 (2017) 7-17
3. E. Venegas-Reyes, O. A. Jaramillo, R. Castrejón-García, J. O. Aguilar, and F. Sosa-Montemayor. Design, construction, and testing of a parabolic trough solar concentrator. J. Renewable Sustainable Energy 4, 053103 (2012); doi: 10.1063/1.4751461
4. F. Dabbene, P. Gay, and C. Tortia, "Modelling and control of steam soil disinfestation processes," Biosyst. Eng. 84(3), 247–256 (2003).
5. Galindo Luna Yuridiana Roció, Dr. Rosenberg j. Romero Domínguez, moisés Montiel González. cálculo termodinámico, diseño y construcción de una planta piloto autónoma de 17 kW para el acondicionamiento de espacios utilizando la mezcla naoh-h<sub>2</sub>o. universidad autónoma de estado de Morelos instituto de investigación en ciencias básicas y aplicadas centro de investigación en ingeniería y ciencias aplicadas.
6. D. Kumar Lamba, A review on parabolic trough type solar collectors: innovation, applications and thermal energy storage, Proceedings of the National Conference on Trends and Advantages in Mechanical Engineering, YMCA University of Science & Technology, Faridabad, Haryana, October, 2012.

# DEGRADACIÓN DE ESPUMAS EXPANDIDAS ELABORADAS A PARTIR ALMIDON Y FIBRA DE PLÁTANO MACHO Y CHAYOTEXTLE

J.A. Roman-Brito<sup>1</sup>, A.L. Juárez-López<sup>1</sup>, A. Aparicio-Saguilan<sup>3</sup>, H.M. Palma-Rodríguez<sup>2</sup>, A. Vargas-Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de [Guerrero-aroman@uagro.mx](mailto:Guerrero-aroman@uagro.mx), [analaura43@hotmail.com](mailto:analaura43@hotmail.com) <sup>2</sup>Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de [Hidalgo](mailto:Hidalgo.palma.heidi@gmail.com), [Av. Universidad Km 1, Rancho Universitario, C.P., 43600 Tulancingo, Hidalgo, México](mailto:Av.Universidad Km 1, Rancho Universitario, C.P., 43600 Tulancingo, Hidalgo, México) – [palma.heidi@gmail.com](mailto:palma.heidi@gmail.com), [apolovt@hotmail.com](mailto:apolovt@hotmail.com), <sup>3</sup>Universidad del Papaloapan campus Tuxtepec-[alejandrosag@hotmail.com](mailto:alejandrosag@hotmail.com)

*Área de participación: Materiales Poliméricos (IQ)*

**Resumen:** Las bioespumas fueron elaboradas a partir de mezclas de almidon y fibra de plátano macho y chayotextle. En la pérdida de peso por degradación de enterramiento, la bioespuma que presento mayor porcentaje de degradación (83.56%) durante los 45 días fue la muestra M-2, similares resultados se presentaron en la pérdida de peso por termogravimetría siendo esta misma mezcla la que presento igual tendencia en los resultados. En el porcentaje de mineralización los resultados mostraron que al aumentar la concentración de almidon de chayotextle incrementaba la tasa de degradación. La tasa de biodegradación depende de la composición de las bioespumas y en particular del tipo y cantidad de material de refuerzo adicionado, lo que determina la susceptibilidad al ataque microbiano, contribuyendo directamente en el porcentaje de biodegradación.

## Introducción.

El proceso de envasado tiene un papel clave en la industria alimentaria porque actúa como una barrera contra los factores responsables del deterioro químico, físico y microbiológico de los alimentos, además de almacenar, conservar y mantener la calidad y seguridad de los alimentos [Siracusa y col., 2008]. Los polímeros de fuentes no renovables son utilizados en muchas aplicaciones de empaque porque son resistentes, fáciles de procesar, durables y de bajo costo. Sin embargo, este tipo de materiales de corta vida útil o de un solo uso genera un impacto ambiental negativo, debido principalmente a la falta de reciclaje y a su lenta degradación [Debiagi y col., 2014].

Una alternativa para reducir el impacto ambiental son los envases biodegradables obtenidos de fuentes renovables, como el almidón y la celulosa [Salgado y col., 2007]. El factor más importante que diferencia los envases biodegradables de no biodegradables es el tiempo que tardan los microorganismos en degradar este tipo de material cuando es depositado en el suelo [Abbasi, 2012].

Entre las materias primas vegetales utilizadas en la producción de envases biodegradables, el almidón ha recibido especial atención por ser un recurso abundante, derivado de fuentes renovables, bajo costo además de que presenta una degradación completa después del uso y tiene la propiedad de formar películas y espumas [Debiagi y col., 2015].

Una de las fuentes no convencionales de origen natural y renovable para la obtención de almidón, es el plátano macho en estado inmaduro [Flores-Gorosquera, 2004] y el chayotextle [Vargas- Torres y col., 2017].

Se han desarrollado nuevas películas con propiedades mejoradas y con características diferenciadas que posibilitan su uso para diversas aplicaciones en el envasado, debido al empleo de materias primas y almidones de nuevas fuentes botánicas, la variación de los componentes en la formulación, la utilización de nuevas tecnologías y modificación de metodologías existentes. Existen retos asociados a la utilización de nanopartículas concernientes a la mejoría de la seguridad en el envasado de alimentos. Pocas publicaciones sobre películas biodegradables presentan pruebas de biodegradabilidad [Oropeza y col., 2016].

Algunos autores han realizado mezclas con aditivos para disminuir la afinidad del almidón por el agua y mejorar las propiedades mecánicas de las espumas desarrolladas a base de este polímero Baratter y col. [2017] adicionaron alcohol polivinílico y ácido láctico, Martínez-Ortiz y col. [2017] modificaron almidón y adicionaron micro capsulas de ácido ascórbico disminuyendo el contenido de amilosa y mejorando sus propiedades de barrera.

Las fibras de origen natural han sido utilizadas como materiales de refuerzo para revertir las deficiencias mecánicas y de barrera en materiales biodegradables, espumas desarrolladas a partir de almidón de chayotextle han sido reforzadas con fibra de madera [Vargas-Torres y col. 2017] y bagazo de caña [Román-Moreno y Radilla Serrano, 2018] reportando que al incrementar el contenido del material de refuerzo mejoran sus propiedades mecánicas y de barrera.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

**Materiales.** Para el presente trabajo se utilizó almidón y fibra de plátano macho chayotextle aislado en laboratorio de fisicoquímica del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ácido sulfúrico 3 N, carbonato de sodio grado reactivo de Mayer, etanol al 95%, ácido ascórbico 99%, glicerol grado reactivo de Mayer, bromuro de sodio NaBr y cloruro de sodio NaCl grado reactivo de Mayer (99.7% de pureza).

**Extracción del almidón de chayotextle.** La obtención de almidón se realizó por la metodología reportada por Flores-Gorosquera y col. [2004] con algunas modificaciones como se describe a continuación, el tubérculo fue cortado en cubos de 2cm<sup>3</sup> posteriormente triturado a baja velocidad por dos minutos usando una licuadora industrial, una vez que la muestra fue homogénea se tamizo y lavo 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 12 h. Una vez seco el almidón se tamizo con la malla de número 100 para homogeneizar el tamaño de partícula.

**Extracción de la harina de plátano.** Para la obtención de la harina de plátano por el método seco se utilizaron frutos inmaduros de plátano (*Musa paradisiaca* L). El cual se lava con agua potable para retirar suciedad superficial como lodo, hongos, bacterias y posibles sólidos. Se elimina la cáscara del fruto para obtener la pulpa libre. La muestra a analizar se pesa para determinar posteriormente los

rendimientos de pulpa obtenida y su cáscara. Se corta el plátano en rebanadas de aproximadamente 2-3 mm de espesor para el secado. Posteriormente se secaron en un deshidratador (Hamilton Beach 32100) durante 6 horas a 45 °C. Para la molienda se utilizó una licuadora semi-industrial (Mixer 5 litros acero inoxidable) a velocidad máxima, por diez minutos, la harina se tamizó en malla no 60, para homogeneizar tamaño de partícula.

**Elaboración de las películas.** Para la elaboración de las películas se utilizó una máquina para hornear de laboratorio (ZQe Mini Hebenstreit GmbH, Germany), en la cual se llevó a cabo el proceso de cocción, las placas del molde se precalentó a 150°C durante 90 min, las placas de las espumas expandidas se obtuvieron en formas rectangulares de 0,2 cm en grosor, 16.5 cm de largo y 11.1 cm de ancho. Las diferentes formulaciones se pueden localizar en la matriz experimental ubicada en la tabla 1.

**Solubilidad.** Se cortaron muestras de 2 X 2 cm y se colocaron durante 7 días en un desecador con silica gel (aproximadamente 0% de HR). Las muestras fueron pesadas y se colocaron en vasos pp que contenían un agitador magnético y 80 ml de agua desionizada. Las muestras se mantuvieron bajo agitación constante durante 1 hora a 25°C y 200 rpm. Inmediatamente después, las muestras se secaron a 50 ° C durante 24 h, por diferencia de pesos se determinó el porcentaje de solubilidad.

**Análisis Termo gravimétrico (TGA).** Se realizara el análisis termogravimétrico (TGA) de acuerdo al método ASTM E 1131-08, con un HI-Res TGA 2950, TA Instruments. La muestra ( $10.0 \pm 1.0$  mg) se calentara en un rango (rampa) de temperatura de 25 a 550 C bajo una atmósfera de nitrógeno N<sub>2</sub> con un caudal de 20 ml/ min . La velocidad de barrido (calentamiento) será de 20 °C/ min [Terrazas y col., 2015].

**Mineralización.** Las muestras se molieron a un tamaño de partícula promedio de 1 µm usando un molino de martillos. Aproximadamente 0,2 g de cada muestra molida se mezclaron con 20 g de compost (60% de contenido de humedad, Garden Basics Topsoil, Swiss Farm Products, Las Vegas, NV) en una cámara de reacción de 250 ml. Las cámaras de muestras se conectaron a un Sistema de Respirómetro Micro-Oxymax de circuito cerrado completamente automatizado (Columbus Instruments, Columbus, OH) equipado con una interfaz de expansión y un condensador. Los experimentos se llevaron a cabo a temperatura ambiente ( $23 \pm 0.2$  ° C) durante un período de 19 días. El respirómetro se programó para medir la evolución de CO<sub>2</sub> cada 5 h. Cada muestra se realizó por triplicado y se promedió (~ 2% de variabilidad). Dos muestras control, que constan de compost solo, proporcionaron una medida de la evolución del CO<sub>2</sub> de fondo [Imam y Gordon, 2002].

**Degradabilidad por pérdida de peso.** La determinación de pérdida de peso por enterramiento en un sustrato se llevó acabo siguiendo la metodología de Dalev y col., [2000] con modificaciones, se cortaron muestras de 2 x 2 cm y se pesaron, de cada una de las placas y se enterraron a 1 cm de profundidad en moldes de plástico de 17 x 10 x 5 cm que contenían sustrato para jardinería comercial. Se humedecieron cada 48 h adicionando 40 ml de agua corriente por aspersión con un

atomizador. Las películas se retiraron del sustrato cada 5, 10, 25, 35 y 45 días, se enjuagaron atomizándose con agua corriente para eliminar el sustrato que tenía pegado y se secaron a 50°C por 24 h, en una estufa de secado por convección. Por diferencia de pesos se determinó el % de degradación.

## Resultados y Discusión

En la tabla 1 se encuentran las formulaciones que se obtuvieron a partir de las diferentes mezclas realizadas con almidón y fibra de plátano macho y chayotextle, con las que se elaboraron las bioespumas por termo prensado y los resultados de solubilidad.

**Tabla 1.** Matriz experimental y solubilidad de bioespumas elaboradas a partir de mezclas de almidón y fibra de plátano y chayotextle.

No. de muestra	Formulaciones	Solubilidad (%)
M-1	Control 1 (almidón de plátano- H-P)	1.3983 ± 0.0376 <sup>a</sup>
M-2	H-P-80/A-CH-0/F-P-18/F-CH-0	7.1187 ± 0.115 <sup>b</sup>
M-3	H-P-60/A-CH-20/F-P-13.5/F-CH-4.5	3.7279 ± 0.311 <sup>c,g</sup>
M-4	H-P-40/A-CH-40/F-P-9/F-CH-9.0	2.5676 ± 0.045 <sup>d</sup>
M-5	H-P-20/A-CH-60/F-P-4.5/F-CH-13.5	3.2353 ± 0.282 <sup>e,g</sup>
M-6	H-P-0/A-CH-80/F-P-0/F-CH-18	4.7014 ± 0.290 <sup>c</sup>
M-7	Control 2 (almidón de ch)	2.5487 ± 0.159 <sup>f</sup>

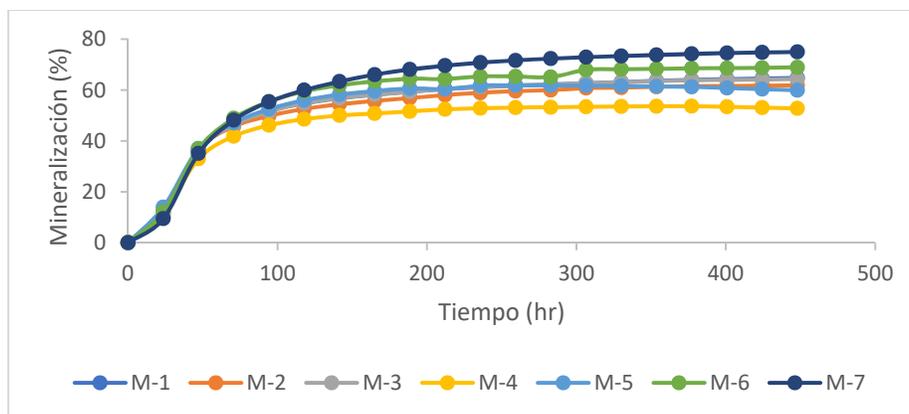
Los resultados son promedio de tres repeticiones ± error estándar. Superíndices con letras minúsculas diferentes por columna indican diferencia estadística significativa ( $\alpha = 0.05$ ) H-P-harina de plátano-F-P-fibra de plátano-A-CH-almidón de Chayotextle-F-CH-fibra de Chayotextle.

Los valores de solubilidad más elevados (7.11%) los presentó la muestra M-2 elaborada a partir de almidón y fibra de plátano macho, pueden ser ubicados en la tabla no 2, valores similares a los reportados por Vargas-Torres y col., [2017] en espumas elaboradas a partir de mezclas de almidón de chayotextle y fibra de madera encontrándose entre 2.19 y 8.39% respectivamente, esto puede ser debido a que la harina de plátano y el almidón de chayotextle tienen un carácter hidrofílico; lo cual, provoca que el agua logre penetrar fácilmente la bioespuma que contiene mayor cantidad de almidón proveniente de estas dos fuentes, e inferiores a los reportados por Palma-Rodríguez y col. [2017] que van desde 7.28 a 32.42 en espumas elaboradas a partir de almidón de plátano y proteínas séricas de leche, estos valores elevados son probablemente debido a la permeabilidad que le provee la formación del complejo proteína lípido.

La mineralización de las bioespumas alcanzó el 70% a los 19 días para todas las muestras incluyendo el almidón y fibra utilizados como materia prima. Al aumentar el contenido de almidón de chayotextle, incrementa el porcentaje de mineralización, las muestras M-6 y M-7 son las que contenían el mayor porcentaje de almidón de chayotextle y son las que presentaron los valores ms altos de mineralización, esto pudiera deberse a que el almidón de chayotextle al ser sometido al proceso de cocción durante el termo prensado se vuelve más susceptible al ataque microbiano y por el contrario la muestra M-4 que no contenía almidón de chayotextle fue la que presentó el menor porcentaje de mineralización al finalizar la prueba durante los 19 días. La fibra de plátano adicionada contiene celulosa y hemicelulosa que son altamente cristalinas [Hanna y Xu, 2009] y menos susceptible al ataque microbiano

lo que contribuye a la disminución del porcentaje de biodegradación [Terrazas-Hernández y col., 2015].

Algunos estudios reportan que la capacidad de los microorganismos para degradar varía enormemente con las características físico-químicas del sustrato, como el grado de cristalinidad, la polimerización del almidón y la fibra, siendo el grado de cristalinidad el parámetro de mayor consideración (Amano et al. 2001). La tasa de la biodegradación depende de la composición de las bioespumas y en particular de la cantidad de celulosa adicionada, la cual reduce el porcentaje de biodegradación [Palma-Rodríguez y col., 2016].



**Figura1.** Efecto del almidón y fibra en el porcentaje de mineralización de bioespumas elaboradas a partir de mezclas de harina plátano y chayotextle. Los resultados son promedio de tres repeticiones.

El porcentaje de degradación por enterramiento en un sustrato comercial de las bioespumas obtenidas a partir de mezclas de almidón y fibra de plátano y chayotextle pueden ubicarse en la tabla 3. La bioespuma que presentó valores más elevados con un 85% de degradación durante 45 días fue la muestra M-2 elaborada a partir de almidón y fibra de plátano macho, esto pudiera deberse a que la matriz polimérica obtenidas es más susceptible al ataque por microorganismos como hongos y bacterias presentes en el sustrato utilizado.

La biodegradabilidad de películas con mezclas de almidón/alcohol polivinílico (con concentraciones de 9, 17, 25 y 30 % de almidón) fue estimada por Rapa y col. [2014] midiendo la pérdida de peso en una mezcla comercial de tierra fértil que se mantuvo a 20 % de humedad, encontrando que la pérdida de peso de las películas formuladas se incrementó con el aumento del contenido de almidón y el tiempo de exposición en la tierra fértil.

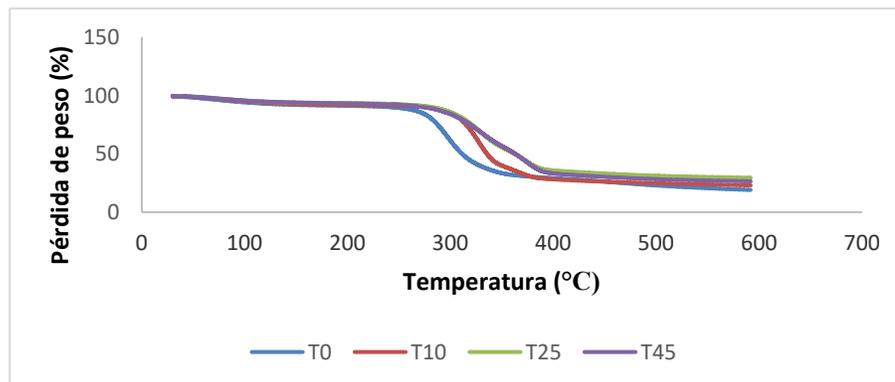
En otro trabajo, con películas elaboradas a base de almidón como agente de biodegradación, alcohol polivinílico como matriz termoplástica y glicerol como plastificante, también fue evidenciado que la tasa de biodegradación se incrementó con el aumento en la cantidad de almidón [Tanase y col. 2016].

**Tabla 3.** Efecto del almidón y fibra en la pérdida de peso de bioespumas elaboradas a partir de mezclas de harina de plátano macho y chayotextle.

Tiempo (días)	Degradación (%)						
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7
5	3.23 ± 1.0	23.29 ± 8.6	5.56 ± 0.9	9.28 ± 2.1	5.22 ± 1.1	6.5 ± 2.0	3.46 ± 1.3
10	15.6 ± 6.2	19.91 ± 1.8	11.78 ± 2.2	3.22 ± 0.1	7.14 ± 0.6	5.17 ± 0.5	16.06 ± 2.9
15	17.94 ± 4.66	27.46 ± 2.12	39.35 ± 6.43	21.46 ± 10.39	19.71 ± 5.89	15.55 ± 2.04	17.23 ± 1.25
25	48.52 ± 5.68	61.94 ± 0.66	24.87 ± 4.57	46.24 ± 3.24	48.57 ± 4.56	30.95 ± 1.28	38.33 ± 4.42
35	52.58 ± 5.3	80.72 ± 13.21	59.48 ± 4.6	65.58 ± 4.1	64.98 ± 8.1	46.77 ± 0.9	58.74 ± 4.2
45	43.75 ± 4.0	83.58 ± 9.6	46.53 ± 7.6	69.71 ± 8.9	74.65 ± 15.4	68.44 ± 7.8	68.24 ± 2.8

Los resultados son promedio de tres repeticiones ± error estándar- H-P-harina de plátano- F-P- fibra de plátano- A-CH-almidón de Chayotextle-F-CH- fibra de Chayotextle.

El análisis termogravimétrico determina los cambios de peso de la película con el incremento de la temperatura. El TGA permite conocer la resistencia del material de empaque con la determinación de la variación de peso del material (pérdida o ganancia) en función de la temperatura y el tiempo mientras la muestra es sometida a un incremento controlado de la temperatura [Espitia y col. 2014]. Esta determinación en las películas define las condiciones de temperatura a la cual el material comienza a descomponerse.



**Figura 2.** Efecto del almidón y fibra en la pérdida de peso de bioespuma M-2, elaboradas a partir de mezclas de harina de plátano macho y chayotextle (H-P-80/A-CH-0/F-P-18/F-CH-0)-T- tiempo de degradación (días).

La pérdida de peso por degradación de bioespumas enterradas en un sustrato comercial fue determinado mediante termogravimetría, se puede localizar en la figura 2, la muestra M-2 en cuatro diferentes tiempos de enterramiento, fue la que perdió más peso por degradación, las demás muestras presentaron similar comportamiento, presentando tres rampas la primera hasta los 200°C donde se perdió alrededor del 7% correspondiendo al contenido de agua y posteriormente entre los 200 a los 390°C perdió a los 5 días de enterramiento un 10%; a los 25 días perdió un 15% y a los 45 días un 47%, quedando valores residuales entre 22 y 29% correspondientes a minerales y macromoléculas de mayor peso molecular como la celulosa y hemicelulosa, presente en la fibra, similar comportamiento han reportado

varios autores para espumas elaboradas a base de almidones de diferentes fuentes [Gu y col., 2011; Terrazas-Hernández y col., 2015].

## Conclusiones

La tasa de biodegradación se vio afectada por la fuente del almidón como por el estado en que fue incorporada, al adicionar mayor cantidad de almidón de chayotextle incremento el porcentaje de biodegradación para la prueba de mineralización utilizando composta comercial como sustrato, en la prueba de pérdida de peso determinado por análisis termogravimétrico la bioespuma que presento mejor resultados de degradación fue la elaborada a partir de harina de plátano y fibra de la cascara, similar comportamiento presento la prueba de pérdida de peso por enterramiento en un sustrato comercial para jardinería, las bioespumas pueden ser degradadas por ciertos microorganismos. Sin embargo, tales microorganismos son limitados (55 especies, incluyendo bacterias, hongos, levaduras y moho), la degradación dependerá de la biota microbiana presente en el sustrato que se utilice para cada determinación.

## Agradecimientos

Al Centro de Ciencias de Desarrollo Regional (CCDR) de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro) y al Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) por las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo de investigación parte de una tesis doctoral.

## Referencias

1. V. Siracusa, P. Rocculi, S. Romani, M. Rosa. Trends Food Science and Technology. 2018, 19, 634–643.
2. F. Debiagi, R. Kobayashi, G. Nakazato, L. Panagio, S. Mali. Industrial Crops and Products. 2014, 52, 664–670.
3. P. Salgado, V. Schmidt, S. Ortiz, A. Mauri, J. Laurindo. Food Eng. 2007, 85, 435.
4. Z. Abbasi. Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2012, 43, 264–268.
5. F. Debiagi, B. Marim, S. Mali. Journal of Polymers and the Environment. 2015, 23, 269–276.
6. A. Vargas-Torres, H.M. Palma-Rodríguez, J. Berrios, G. Glenn, R. Salgado-Delgado, A. Olarte-Paredes, J. Prieto-Méndez, J. Hernández-Urbe. J. APPL. POLYM. SCI. 2017, 1, 45565.
7. R. Oropeza-González, A. Montes-Hernández, C. Padrón-Pereira. Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Aliment. 2016, 7, 1, 065-093.
8. M. Baratter, E. Francine, F. Stoffel, M. Zeni, L. Tatsch, P. Barreto. American Journal of Polymer Science and Technology. 2017, 3, 4, 76-81.
9. M. Martínez-Ortiz, A. Vargas-Torres, A. Román-Gutiérrez, N. Chavarría-Hernández, P. B. Zamudio-Flores, M. Meza-Nieto, H.M. Palma-Rodríguez. International Journal of Biological Macromolecules. 2017, 98, 341-347.
10. J.L. Román y G.P. Radilla, Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Acapulco, 2018.

11. E. Flores-Gorosquera, F. García-Suárez, E. Flores-Huicochea, M. Núñez-Santiago, R. González-Soto, L.A. Bello-Pérez. *Acta Científica Venezolana*. 2004, 55, 86-90.
12. J. Terrazas-Hernández, J. Berrios, G. Glenn, S. Imam, P. Wood, L.A. Bello-Pérez, A. Vargas-Torres. *J Polym Environ*. 2015, 23, 30–37.
13. H. Imam, S. Gordon. *Journal of Polymers and the Environment*. 2002, 10, 147–154.
14. P. Dalev, R. Patil, J. Mark, C. Vassileva, S. Fkirov. *Journal of Applied Polymer Science*. 2000, 78, 1341–1347.
15. H.M. Palma-Rodríguez, R. Salgado-Delgado, D. Páramo-Calderón, A. Vargas-Torres, M. Meza-Nieto. *Acta Universitaria*. 2017. 27,1, 3-10.
16. Y. Amano, K. Nozaki, T. Araki, H. Shibasaki, S.Kuga, T. Kanda. *Cellulose*. 2001, 8, 267–274.
17. M. Rapa, E. Grosu, P. Stoica, M. Andreica, M. Hetvary, M. *Journal of Environmental Research and Protection*. 2014, 11, 1, 34-42.
18. E. Tanase, V. Popa, M. Popa, M. Rapa, O. Popa. *Animal Science and Biotechnologies*. 2016, 73,1, 89-94.
19. P. Espitia, W. Du, R. Avena-Bustillos, N. Soares, T. McHugh. *Food Hydrocolloids*. 2014, 35, 287–296.
20. H.M. Palma-Rodríguez, J.J. Berrios, G. Glenn, R. Salgado-Delgado, A. Aparicio-Saguilan, A.I. Rodríguez-Hernández, A. Vargas-Torres. *CYTA J. Food*. 2016, 14, 415.
21. M.A. Hanna, Y. Xu. *Starch–Fiber Composites*. In L. Yu (Ed.), *Biodegradable Polymer Blends and Composites from Renewable Resources*. 2009. (pp. 340–363). Lincoln, USA: John Wiley & Sons, University of Nebraska.
22. R. Gu, M. Khazabi, M. Sain, M. *Bio Resources*. 2011. 6, 4, 3775-3790.

# POLY(3-OCTYLTHIOPHENE)/POLYSTYRENE COMPOSITES FOR STAINLESS STEEL CORROSION PROTECTION

U. León-Silva<sup>1</sup>, F. Delgado-Arroyo<sup>1</sup>, C. F. Castro-Guerrero<sup>1</sup>, Nicho-Díaz M. E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, Reforma 113, Col. Palmira, C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos, México - [ulises.leon@ineel.mx](mailto:ulises.leon@ineel.mx), [fdelgado@ineel.mx](mailto:fdelgado@ineel.mx), [carlos.castro@ineel.mx](mailto:carlos.castro@ineel.mx)

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, ICCBA, Universidad Autónoma del Estado de Morelos - [menicho@uaem.mx](mailto:menicho@uaem.mx)

*Participation area: Polymeric materials*

**Abstract:** Poly(3-octylthiophene) (P3OT)/polystyrene (PS) composites on the corrosion protection of 304 stainless steel (304SS) in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was investigated. P3OT was synthesized using ferric chloride (FeCl<sub>3</sub>) as oxidant. P3OT/PS coatings were prepared by drop-casting technique onto 304SS electrode. Coated 304SS electrodes were thermally treated at 55 °C, 80 °C and 100 °C. AC/DC electrochemical techniques were used to study the anticorrosive properties of the thermally treated P3OT/PS coatings. The results indicated that the polymeric systems decrease the corrosion rate of the metallic substrate approximately one order of magnitude. The surface morphology of the coating thermally treated at 100 °C showed the least damage after the corrosive tests.

## Introduction.

The corrosion of a metal is often considered as an inconvenience because it implies a change of the objects in the course of time. The exhibition of an old object is accompanied by a change depending on the environmental conditions, which can sometimes accelerate objects degradation [1]. It is most effective to isolate the metal surface from the environment for degradation (corrosion) protection. The organic coating is one of the corrosion protection techniques based on the isolation of metal [2]. The conductive polymers (CP) are an example of organic coatings; they have long been studied for their possible use in anticorrosive applications [3–9]. The CP simply constitutes a physical barrier against the attack of corrosive environment and reduces the corrosion rate of the substrate [10].

There are two methods to deposit a CP on a metal surface, namely, electrochemically or chemically [11]. From the viewpoint of application convenience, electrochemical deposition is cumbersome and virtually impossible on large structures such as ships, bridges and pipelines [12]. In these cases, chemical deposition is the only feasible and cheaper alternative. Another strategy explored was the use of composites formed by CP with either epoxy or acrylic polymer [13–15]. Then, conducting polymer composites are a new class of stable and processable materials. Composite is a promising approach for taking advantage of the good mechanical properties and processability of conventional polymers and of the electroactive properties of such conjugated polymers [16–18].

In this work poly(3-octylthiophene) (P3OT) and polystyrene (PS) composites were deposited by drop-casting method. The temperature effect in the P3OT/PS coatings on the corrosion protection of 304SS is reported. The thermal treatment was made in order to improve the physical properties of the P3OT films. Singh and co-workers

have studied the correlation between changes in physical properties induced by changes in surface morphology by soft-thermal annealing in P3OT. Effect of excess heating on surface morphology and consequent changes in its physical properties reveal that annealing beyond 100 °C is unsafe [19, 20]. Based on this, the P3OT/PS composites deposited onto 304SS were treated at three different temperatures: 55 °C, 80 °C and 100 °C. The corrosion protection properties before and after treatment in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and the morphological changes in the coatings were studied.

## **Experimental procedure**

### **Materials**

Rectangular samples (1 cm<sup>2</sup> of exposed area) of 304SS were used for the corrosion tests and surface morphology study. Distilled 3-octylthiophene (3OT) monomer from Aldrich was used for the synthesis of the polymer.

### **Chemical synthesis of the P3OT and preparation of the P3OT/PS composites**

The procedures used in the present work have been reported by León and Nicho [21] and consist of the following: The P3OT was synthesized by the chemical oxidative polymerization technique using ferric chloride (FeCl<sub>3</sub>, 98%) as an oxidant and 3OT monomer in chloroform at room temperature in a nitrogen atmosphere [20]. Anhydrous FeCl<sub>3</sub> (0.038 moles) dissolved in chloroform was slowly added to 0.025 moles of 3OT dissolved in chloroform. The reaction mixture was stirred at room temperature (25 °C approx.) for 25 h. The product was precipitated in methanol, filtered with a Buchner funnel, and washed three times with methanol, hydrochloric acid (10 vol.%), distilled water, and acetone. The precipitate was extracted with chloroform to isolate the chloroform-soluble fractions of the P3OT. Removal of the solvent resulted in red powders (pristine polymer). For the preparation of the P3HT/PS composites, P3OT and PS were dissolved in toluene (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>) and stirred at room temperature for 1h. The composites concentration was 80% PS and 20% P3OT.

### **The deposition process and thermally treatment**

P3OT/PS composites were deposited onto stainless steel sheets using the drop casting technique. Twelve drops of P3OT/PS in toluene were deposited on the electrode (304SS) and when the dissolvent is evaporated, the coating is obtained. The coated 304SS was dried in a chamber with a toluene saturated atmosphere. After the deposition process, the coatings were treated in static air for 30 h at three different temperatures: 55 °C, 80 °C and 100 °C.

### **Corrosion tests**

A standard three-electrode cell was used for the electrochemical experiments in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Coated or uncoated 304SS sheet as a working electrode, a saturated calomel electrode (SCE) as a reference electrode and a graphite rod as an auxiliary electrode. The tests were performed at room temperature (25 °C approx.) and controlled by a Gill AC automatized potentiostat. Polarization curves were conducted over the range -600 to 1600 mV with respect to the free corrosion potential ( $E_{corr}$ ) at a scan rate of 1 mV s<sup>-1</sup>. Linear polarization resistance curves were obtained by

sweeping the potential region between -10 and +10 mV with respect to the  $E_{corr}$  at a scan rate of  $1 \text{ mV s}^{-1}$ , every 20 minutes for 24 h. Electrochemical impedance spectroscopy was carried out at  $E_{corr}$  using AC potential amplitude of 10 mV, a frequency interval of 0.1 Hz to 30 kHz for 24 h.

### **Surface morphology study and thickness measurement**

The surface morphology of the P3OT/PS coatings was examined before and after the electrochemical tests with a Carl Zeiss Scanning Electron Microscope (SEM) and an Olympus Optic Microscopy (OM).

The thickness of the coating was measured with a Mitutoyo digital micrometer. Three measurements were carried out for both bare and coated steel.

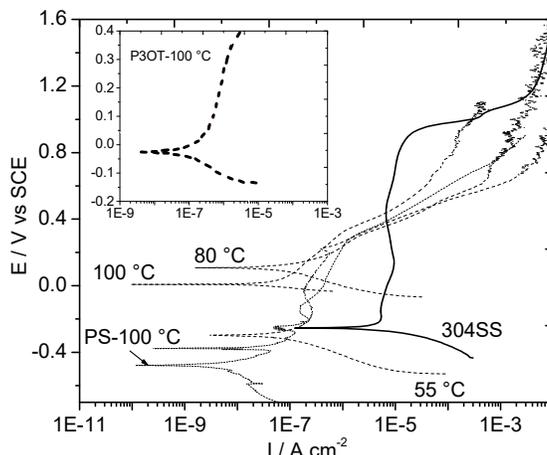
## **Results y Discussion**

### **Thickness measurement**

The thickness of the coatings was: 58  $\mu\text{m}$  for the composite thermally treated at 55 °C, 55  $\mu\text{m}$  for the composite thermally treated at 80 °C and 56  $\mu\text{m}$  for the composite thermally treated at 100 °C. This results have been reported in the reference 21.

### **Corrosion Tests**

The polarization curves for uncoated and coated 304SS with P3OT/PS after one hour of exposure in 0.5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  is given in fig. 1. For the uncoated 304SS the  $E_{corr}$  and  $E_{pit}$  values were of -260 and 945 mV, respectively. The  $I_{corr}$  value for bare 304SS was  $1\text{E}10^{-6} \text{ A cm}^{-2}$ . In the case of the composites treated at 80 °C and 100 °C showed  $E_{corr}$  values more noble (see table 1) respect to the bare steel. In order to verify that the composite was the one that was offering  $E_{corr}$  nobler values, the substrate was coated with PS or P3OT treated at 100°C and the results were: -48 and 22 mV. These values were close to the P3OT/PS coatings treated to 80 °C and 100 °C, which indicates that the single P3OT and their composite offer a corrosion protection very similar. The lowest  $I_{corr}$  value was exhibited by PS coating, close to  $1\text{E}10^{-9} \text{ A cm}^{-2}$ . The composites treated at 55 °C, 80 °C and 100 °C had an  $I_{corr}$  value close to  $3\text{E}10^{-8}$ , two orders of magnitude lower than uncoated 304SS. The  $E_{corr}$  and  $I_{corr}$  values were calculated by Taffel extrapolation. The active and passive behaviour was still present when the substrate was coated with P3OT/PS composites. For the coating systems, the breakdown potential ( $E_b$ ) value was approximately 300 mV.

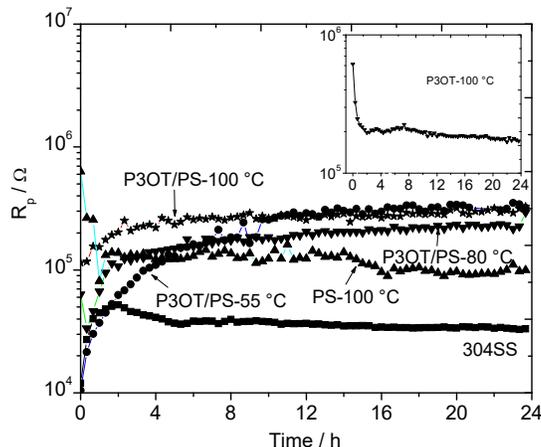


**Figure 1.** Polarization curves for the 304SS uncoated and coated with P3OT/PS thermally treated at 55 °C, 80 °C and 100 °C in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Table 1.** Electrochemical parameters obtained from polarization curves in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for the coating systems.

Systems	$I_{corr}$ (A cm <sup>-2</sup> )	$E_{corr}$ (mV)	$E_{pit}$ and $E_b$ (mV)
Uncoated 304SS	$1 \cdot 10^{-6}$	-260	945
P3OT/PS-55 °C	$1.8 \cdot 10^{-8}$	-290	300
P3OT/PS-80 °C	$1.6 \cdot 10^{-8}$	100	300
P3OT/PS-100 °C	$1.3 \cdot 10^{-8}$	10	300
P3OT-100 °C	$3.2 \cdot 10^{-8}$	-29	936
PS-100 °C	$2 \cdot 10^{-9}$	-480	300

The change in the polarization resistant ( $R_p$ ) value for the uncoated and coated 304SS with P3OT/PS thermally treated at: 55 °C, 80 °C and 100 °C in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> is given in fig. 2. The composite at 100 °C showed the lowest corrosion rate, the  $R_p$  values were one order of magnitude higher than uncoated 304SS at all measured times. This case was giving evidence for effective barrier behaviour of P3OT/PS composite against corrosion. The  $R_p$  values for the composites at 55 °C and 80 °C reached steady state values approximately after 8 and 2 h, respectively. After these times the coatings reached values similar to those shown by composite at 100 °C. For the case of 304SS coated with P3OT thermally treated at 100 °C the  $R_p$  values were the same magnitude order similar to those shown by P3OT/PS-100 °C. The PS coating thermally treated at 100 °C in the beginning showed  $R_p$  values one order of magnitude higher than uncoated 304SS, after 1 h it reached similar values to those shown by composite thermally treated at 80 °C. It is clear that the P3OT and their composite at 100 °C offer a good barrier behaviour against corrosion.



**Figure 2.** Change of  $R_p$  with time for the 304SS uncoated and coated with P3OT/PS thermally treated at 55 °C, 80 °C and 100 °C in 0.5 M  $H_2SO_4$ .

The Nyquist plot obtained for uncoated and coated 304SS with composites in 0.5 M  $H_2SO_4$  solution is given in fig. 3 and 4 a-c), respectively. The P3OT/PS thermally treated at 80 and 100 °C (fig. 4 b and c) showed in the first hour a partially depressed semicircle at high frequencies with a second semicircle at middle-low frequencies. The first semicircle indicates the presence of P3OT/PS composite and the second semicircle the electrochemical double layer. After one hour of exposure, the Nyquist diagram showed in middle-low frequencies a straight line due to Warburg impedance. In this case the straight line was giving evidence for a very good barrier property of the coating. This means that the coating had a very low porosity and exhibited very low permeability against corrosion [4]. Moreover, the corrosion protection is due to the pores of the coating are blocked by the corrosion products generated by the diffusion of the corrosive species [22]. The P3OT/PS at 55 °C (fig. 5 a) showed in all time of exposure the same behaviour observed with the P3OT/PS at 80 °C and 100 °C, in the first hour indicating that the corrosion mechanism was under mixed control: charge transfer from the metal to the environment through the double electrochemical layer. This behaviour could be due to that the P3OT/PS at 55 °C is most porous (see fig. 6 a). The Nyquist diagram for uncoated 304SS (fig. 3) showed in the first four hours a partially depressed semicircle at high frequencies with a second semicircle at low frequencies. The first semicircle may indicate the formation of a protective scale on the alloy surface, which is very likely chromium oxide,  $Cr_2O_3$ , as shown by the polarization curve of this alloy in fig. 1, where a passive region of this alloy is evident. The diameter of the first semicircle is smaller compared to that of the low frequencies. During the first 4 h or so, the diameter of the high frequency semicircle does not have a continuous change as time elapses; rather it decreases and increases as time passes. However, after 4 h of exposure, the diameter of the high frequency semicircle stays stable with time and straight line at low and intermediate frequency appears, indicating semi-infinite Warburg behaviour.

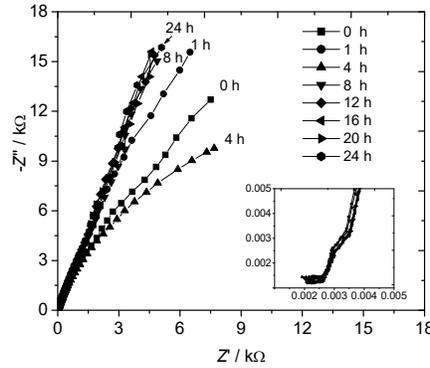


Figure 3. Nyquist diagrams for uncoated 304SS at different exposure times in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

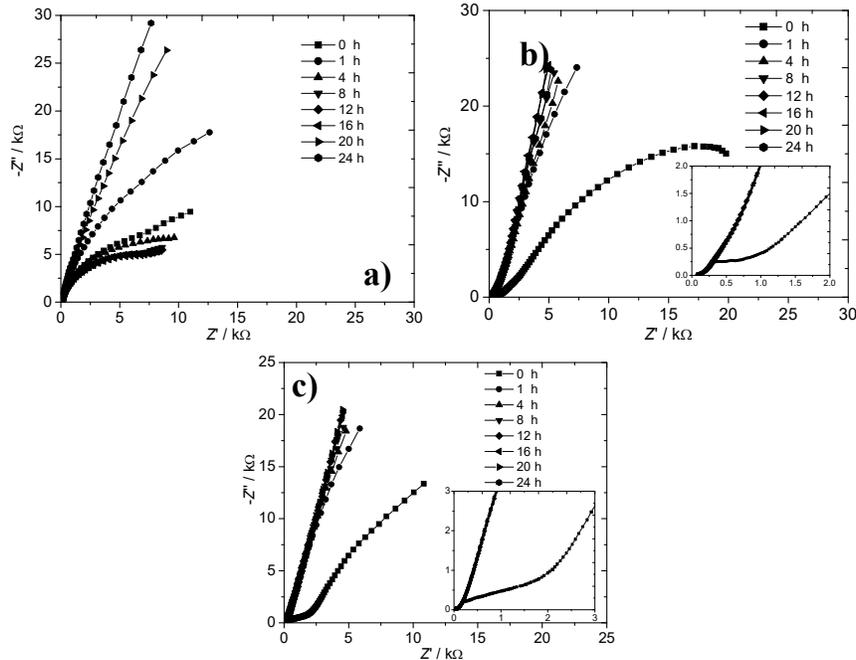
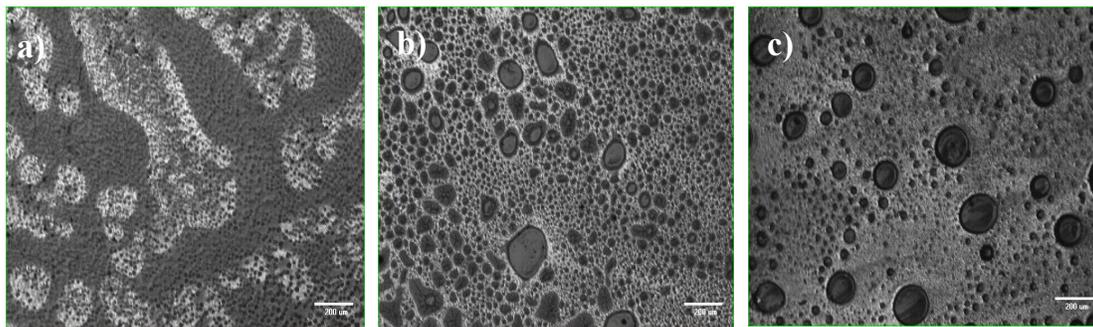


Figure 4. Nyquist diagrams for 304SS coated with P3OT/PS treated at a) 55 °C, b) 80 °C and c) 100 °C at different exposure times in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**OM and SEM images**

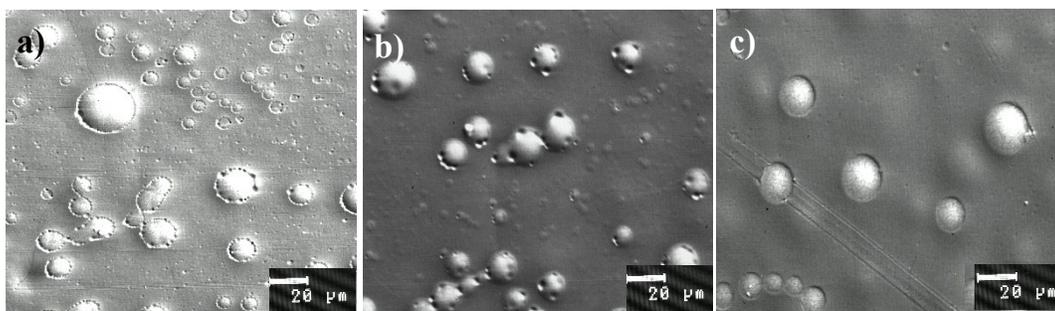
Fig. 5 showed the OM images of the P3OT/PS composites thermally treated at 55 °C, 80 °C and 100 °C, before the corrosion tests. As can be seen from figures, the P3OT is segregated of the PS. In the case of the composites thermally treated at 55 °C (fig. 5 a) the phases are co-continuous and spherical. The P3OT phase continues segregating with the increase of temperature and formed small irregular spheres for the case of P3OT/PS at 80 °C (fig. 5 b) and more regular spheres for the P3OT/PS at 100 °C (fig. 5 c). The greater size of the spheres was of 200 μm approx.; this was observed in all coating systems. In the case of the composites thermally treated at 80 °C and 100 °C the spheres of bigger size had minor superficial area that the spheres of minor size, since these were in bigger quantity.

The most porous morphology was observed with the composite thermally treated at 55 °C.



**Figure 5.** Optic microscopy images of 304SS coated with P3OT/PS treated at a) 55 °C, b) 80 °C and c) 100 °C, before the corrosion tests.

Fig. 6 a), b) and c) showed the SEM images of the P3OT/PS composites thermally treated at 55 °C, 80 °C and 100 °C, respectively, after the corrosion tests in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution. In all case was observed that the coating presented superficial defects some holes throughout the entire surface, indicating that the coating had been degraded, a process that occurs prior to the formation of blisters [21]. The composite thermally treated at 100 °C was the one that presented less superficial defects, that is, less damage from corrosive attack. This indicates that thermal treatment at 100 °C benefits the barrier properties of the coating against corrosive species. The images obtained in SEM corroborate the results obtained in the electrochemical tests.



**Figure 6.** SEM images for the 304SS coated with P3OT/PS thermally treated at a) 55 °C, b) 80 °C and c) 100 °C after the corrosion tests in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## Conclusions

The corrosion behaviour of uncoated and coated 304SS with P3OT/PS composites thermally treated at 55 °C, 80 °C and 100 °C in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was investigated. In comparison with the uncoated 304SS, polarization curves showed that that with heat treatment at 55 °C and 80 °C caused a change of  $E_{corr}$  values in the noble direction with polymeric systems. Moreover, these systems showed  $I_{corr}$  values two orders of magnitude higher than uncoated 304SS. The results on the change of  $R_p$  with time for the P3OT/PS thermally treated at three different temperatures showed a low corrosion rate, the  $R_p$  values were one order of magnitude higher than uncoated 304SS at all measured times. EIS results showed that a Warburg type impedance

was observed, indicating that the corrosion mechanism was under mixed control (charge transfer and diffusion). SEM images corroborated what was found in the electrochemical tests and showed a less damaged surface with the P3OT/PS at 100 °C after corrosive tests. The composites showed an efficiently physic barrier against the corrosive medium studied.

### Acknowledgements

The support from Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias for the experimentation carried out in this work is gratefully acknowledged.

### References

- [1] A.A. Novakova, T.S. Gendler, N.D. Manyurova, R.A. Turishcheva *Corr. Sci.* 1997, 39, 1585.
- [2] M. Itagaki, A. Ono, K. Watanabe, H. Katayama, K. Noda *Corr. Sci.* 2006, 48, 3802.
- [3] M.G. Medrano-Vaca, J.G. Gonzalez-Rodriguez, M.E. Nicho, M. Casales, V.M. Salinas-Bravo *Electrochim. Acta* 2008, 53, 3500.
- [4] T. Tüken, B. Yazici, M. Erbil *Prog. Org. Coat.* 2004, 51, 205.
- [5] M. Boukalah, B. Hammouti, A. Aouniti, T. Benhadda *Prog. Org. Coat.* 2004, 49, 225.
- [6] C. Ocampo, E. Armelin, F. Liesa, C. Alemán, X. Ramis, J. I. Iribarren *Prog. Org. Coat.* 2005, 53, 217.
- [8] S. Ren, D. Barkey *J. Electrochem. Soc.* 1992, 139, 1021.
- [7] S. Sathiyarayanan, S. S. Azim, G. Venkatachari *Electrochim. Acta* 2007, 52, 2068.
- [8] S. A. M. Refaey, F. Taha and H. S. Shehata *J. Appl. Electrochem.* 2004, 34, 891.
- [9] T. Tüken *Surf. Coat. Technol.* 2006, 200, 4713.
- [10] L. H. C. Mattoso *Quím. Nova* 1996, 4, 1.
- [11] P. Li, T. C. Tan, J. Y. Lee *Synth. Met.* 1997, 88, 237.
- [12] A. Talo, P. Passiniemi, O. Forsén, S. Yläsaari *Synth. Met.* 1997, 85, 1333.
- [13] S. Souza, J. E. P. Silva, S. I. C. Torresi, M. L. A. Temperini, R. M. Torresi, *Electrochem. Solid State Lett.* 2001, 4, B27.
- [14] S. Sathiyarayanan, S. Muthkrishnan, G. Venkatachari *Electrochim. Acta* 2006, 51, 6313.
- [15] N. Plesu, G. Iliu, A. Pascariu, G. Vlase *Synth. Met.* 2006, 156, 230.
- [16] Y. Cao, P. Smith, A. J. Heeger *Synth. Met.* 1993, 55, 3514.
- [17] C. O. Yoon, M. Reghu, D. Moses, A. J. Heeger *Synth. Met.* 1994, 63, 47.
- [18] R. Singh, J. Kumar, R. K. Singh, A. Kaur, K. N. Sood, R. C. Rastogi *Polym.* 2005, 46, 9126.
- [19] J. Kumar, R. K. Singh, R.C. Rastogi, R. Singh *Mater. Chem. Phys.* 2007, 101, 336.
- [20] R. Sugimoto, S. Takeda, H. B. Gu, K. Yoshino *Chem. Express* 1986, 1, 635.
- [21] U. León-Silva, M. E. Nicho *J. Solid State Electrochem.* 2010, 14, 1487.
- [22] A. Popova, E. Sokolova, S. Raicheva, M. Christov *Corr. Sci.* 2003, 45, 33.

# ESTUDIO ESTADÍSTICO EN LA DEGRADACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE BIOPELÍCULAS DE QUITOSANO Y PECTINA CON Y SIN GLICEROL.

Y. Z. Rodríguez-Sánchez<sup>1</sup>, H. Alonso-Jiménez<sup>1,3</sup>, E. García-Hernández<sup>1,2</sup>, C. Barreto-Cabrera<sup>1,3</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec, Tecnológico Nacional de México, Calzada Tecnológico no. 27, Zacatepec, Morelos, C.P. 62780, México- [yazuosa@outlook.es](mailto:yazuosa@outlook.es), <sup>2</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [eddgarcia@hotmail.com](mailto:eddgarcia@hotmail.com).

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Industrial- [halonso24@yahoo.com.mx](mailto:halonso24@yahoo.com.mx), [ingclaudia\\_barreto@itzacatepec.edu.mx](mailto:ingclaudia_barreto@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Materiales poliméricos (IQ)*

**Resumen:** Se elaboraron biopelículas de Quitosano y Pectina con y sin Glicerol para su caracterización mediante las técnicas FTIR y Microscopía Óptica, se estudió su degradación química y biológica, mediante un análisis estadístico para obtener un modelo matemático que pronostique el tiempo de degradación utilizando la técnica estadística: Análisis de Regresión y diseño de experimentos 2<sup>3</sup>, considerando el porcentaje de pérdida de peso como la variable respuesta. Los factores de tiempo e intensidad de radiación se usaron para degradación química; tiempo y humedad para biodegradación. Se expusieron las muestras a radiación en dos sistemas con 1 y 3 lámparas; se usaron recipientes de 5x10cm rellenos con tierra de compost. Los espectros obtenidos, señalan una disminución en los grupos funcionales de los componentes. Las microscopías revelan cambios en las morfologías conforme incrementa el tiempo de exposición. El porcentaje de pérdida de peso, se incrementa en el sistema con 3 lámparas debido a la intensidad que genera la luz UV. El Análisis Estadístico, mostró la influencia del tiempo y la intensidad de radiación en la variable respuesta, concluyendo que entre mayor es el tiempo y la intensidad, mayor es la degradación. En la biodegradación, se demostró la influencia de la humedad en la variable respuesta y se alcanzó el 100% de pérdida de peso en 24 horas por la biopelícula M5 (Quitosano con glicerol); la biopelícula M9 (Quitosano/Pectina con glicerol), alcanzó el 100% después de 132 h, concluyendo que el efecto de biodegradación depende de los componentes de las biopelículas.

## Introducción

Los plásticos tardan alrededor de 100 hasta 1000 años en deshacerse, degradarse y eliminarse, representando entre el 20 y 40% en volumen de los desechos sólidos municipales en los países industrializados. Algunos investigadores han propuesto el uso de plásticos “verdes”, bioplásticos y/o plásticos biodegradables para reducir el uso de los plásticos sintéticos. Los plásticos biodegradables son elaborados a base de proteínas, polisacáridos, lípidos y resinas naturales como el quitosano, colágeno, pectina y almidón. En la actualidad el quitosano es uno de los materiales más utilizados debido a sus propiedades como biocompatibilidad, biodegradabilidad, actividad bactericida, fungicida, antiviral, entre otras (Giraldo, 2015). Existen diversos estudios que buscan la elaboración de biopelículas utilizando este polímero aplicando modificaciones con otros polímeros como la Pectina y adicionando plastificantes para mejorar sus propiedades físicas con el fin de aplicarlas como empaques y poder reducir el uso de aquellos que son elaborados a partir de materiales sintéticos (López et al., 2017). Éstas son un tema de mucha importancia ya que, en algunos estudios realizados, presentan un tiempo de

degradación mucho menor al de los plásticos convencionales debido a su carácter biológico, por lo que se considera un material que contribuye al cuidado del medio ambiente (Fortin y Lu, 2001; Gourmeitte, 2012; Huang y Almeida, 2015) y para esto, deben presentarse pruebas que aseguren realmente su degradación. Hay distintas técnicas que ayudan a identificar modificaciones o alteraciones que suceden en el polímero, por ejemplo, el uso de las técnicas de caracterización generan la obtención de información a partir de la respuesta de un material al ser perturbado por una señal, para poder predecir y/o conocer las propiedades de algún material, como su composición, estructura, topología, topografía, morfología, etc. (González, 2014), o identificar modificaciones realizadas al mismo. Entre las técnicas más aplicadas para estos estudios están: Espectroscopía de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), la cual proporciona un espectro de reflexión de las bandas de los grupos funcionales de las sustancias inorgánicas y orgánicas, por lo cual es posible realizar una identificación de los materiales, y Microscopia Óptica, técnica que es capaz de producir imágenes de la superficie de una muestra permitiendo la observación y caracterización superficial de materiales y láminas delgadas (Martín, n.d.). Por lo que sí ocurre alguna alteración en las muestras al ser sometidas a radiación UV y biodegradación estas técnicas podrán identificarlo. Por otra parte, la estadística es un tema de mucha importancia en este tipo de proyectos (Aguilar, 2013; Garcia, 2005; Muñoz, 2015), debido a que ésta se basa en la experimentación y ejecución de experimentos, así como, la búsqueda de un objetivo en particular, proporcionando las herramientas necesarias para poder aplicarlas, principalmente, el Diseño de Experimentos cuyo objetivo es averiguar si determinados factores influyen en una variable de interés y, si existe influencia de algún factor, trabajar en conjunto con el Análisis de Varianza para la cuantificación de dicha influencia. Además, otra herramienta que puede aplicarse es el Análisis de Regresión, cuya finalidad es generar un modelo para predecir alguna respuesta importante, pronosticando el valor puntual que tomará la variable endógena, o bien, determinando un intervalo de posibles valores. (Monzón, n.d.; Walpole *et al.*, 2012).

## **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

**2.1 Elaboración de biopelículas.** Se realizó una mezcla de 0.5 g de quitosano de bajo peso molecular y pectina de cáscaras de cítricos, en relaciones Quitosano:Pectina 1:0, 0.5:0.5 y 0:1 (p/p). Esta mezcla se adicionó en una solución 0.5 M de ácido fórmico:ácido acético en relaciones 1:0, 0.5:0.5 y 0:1 (p/V). La mezcla se mantuvo en agitación manual constante durante 30 minutos. Una vez disuelta la mezcla se agregó glicerol en una relación Quitosano:Glicerol 1:0 y 1:1 (p/V). Estas soluciones se vertieron en moldes de vidrio de 11 x 16 cm y se dejaron reposar durante 72 horas. Cada mezcla se obtuvo por triplicado y una vez formadas, se retiraron del molde con ayuda de unas pinzas y se almacenaron en bolsas herméticas para su posterior análisis.

**2.2 Estudio de la degradación química de las biopelículas.** Para realizar el estudio de la degradación, se aplicó un diseño de experimentos  $2^3$ , considerando el porcentaje de pérdida de peso como la variable respuesta. Además, se tomaron

como factores el tiempo de exposición y la intensidad de radiación. Ambos factores tuvieron 2 niveles, con 3 réplicas cada uno. Por otra parte, se manejaron dos tipos de Sistemas de radiación UV: el primero que contenía una lámpara de Xenón y el segundo, que contenía tres lámparas de Xenón. Asimismo, se cortaron muestras de 8x2 cm de cada biopelícula y se colocaron dentro de los sistemas de radiación con 3 réplicas cada una, tomando en cuenta el tiempo de exposición: 1, 3 y 5 días. Los tiempos se determinaron para hacer una comparación de qué tipo de sistema de radiación causa un efecto mayor de degradación en las muestras.

2.3 Estudio de la biodegradación de las biopelículas. Para realizar el estudio de la biodegradación, se aplicó un arreglo experimental que consistió en estudiar diferentes intervalos de tiempo medidos en horas vareando el porcentaje de humedad, considerando el porcentaje de pérdida de peso como la variable respuesta; en cada intervalo se trabajó con 3 réplicas para cada biopelícula. Por otra parte, el sistema de biodegradación fue elaborado a partir de la compra de tierra negra, tierra de hoja y tierra de montaña marca Vígoro. También, se compraron recipientes de tamaño 5x10 cm y, para formar el sistema, primeramente se hace una limpieza de la tierra para quitar el exceso de piedras, hojas o pedazos de troncos que vinieran en la misma. Posteriormente, se realizó una prueba para calcular la cantidad de agua necesaria para obtener el nivel de humedad correcto para el análisis. Para estudiar el efecto de biodegradación se cortaron muestras de 8x2 cm y se colocaron dentro de los sistemas de compostaje a una profundidad de 5 cm.

2.4 Caracterización por FTIR y Microscopía Óptica. Una vez terminadas las pruebas de degradación, cada una de las muestras, se sometieron a una caracterización por Espectrofotometría de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) y Microscopía Óptica, para identificar los posibles cambios por el efecto de las degradaciones en las biopelículas.

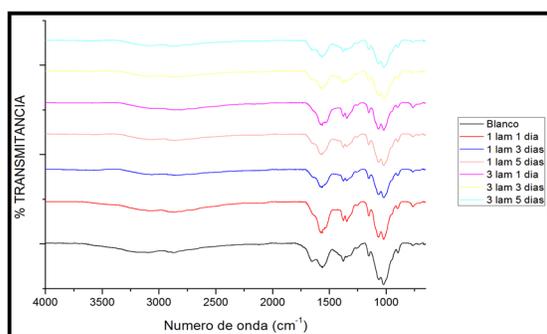
2.5 Determinación del porcentaje de pérdida de peso. Para determinar el porcentaje de pérdida de peso de las muestras sometidas a degradación, se utilizó una balanza analítica, marca Ohaus, con sensibilidad de 0.0001 g. La medición se realizó colocando la muestra en la base de la báscula y observando el peso en la pantalla de la misma. Esta prueba permitió hacer una comparación del peso inicial y el peso final de las muestras que fueron expuestas en cada tipo de degradación y poder generar y registrar los datos necesarios para el Análisis Estadístico.

2.6 Análisis Estadístico. En el análisis estadístico, se tomaron como datos de observación los porcentajes de pérdida de peso recolectados de la experimentación de las biopelículas. Dichos datos fueron analizados mediante las herramientas estadísticas de Análisis de Varianza y Análisis de Regresión para poder generar un modelo matemático adecuado para predecir el tiempo de degradación de las biopelículas. Además, este modelo fue validado mediante las pruebas de Normalidad, Estabilidad e Independencia.

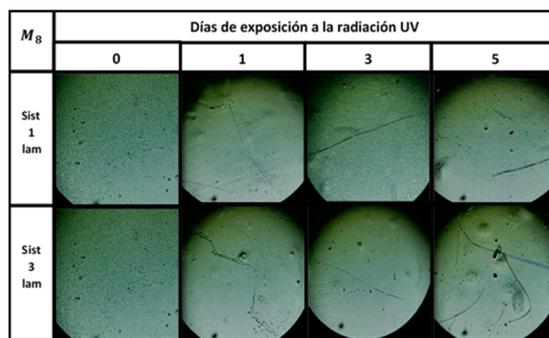
## Resultados y Discusión

Las biopelículas obtenidas tienen diferentes tonalidades y, esto depende del polímero con el que fueron elaboradas, por ejemplo las mezclas que solo contienen Quitosano (M2, M8 y M14) son transparentes; y las biopelículas que solo tienen Pectina, también presentan un color transparente (M5, M11 y M17). En la combinación del Quitosano con la Pectina, se obtiene un color muy amarillo (M3, M4, M9, M10, M15, M16).

Para observar los efectos de la degradación química, se lograron capturar imágenes del aspecto físico de las biopelículas en donde se registraron mayores efectos de radiación: M5, M8, M9 y M14; los efectos de radiación mayormente pronunciados se observan en el Sistema con 3 lámparas, provocando el cambio en la coloración de las muestras y, en algunos casos, su rompimiento o deformación. Además, en la caracterización por FTIR, los espectros indican disminuciones en los principales grupos funcionales de cada componente de las biopelículas (figura 1) y, las microscopías, revelan cambios en la morfología de las muestras, ya que la superficie del blanco es completamente lisa y al ser sometida a radiación UV, se forman grietas y la muestra se va fracturando con mayor intensidad, cuando se aumenta el tiempo de exposición a la radiación. (Figura 2).

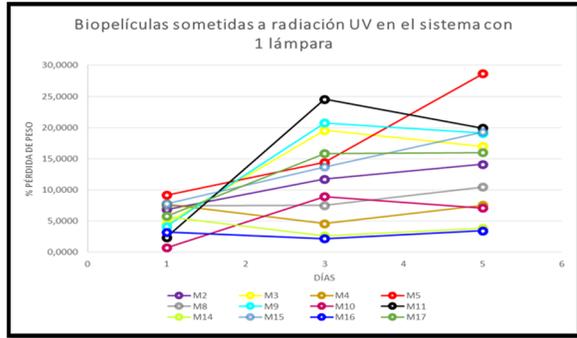


**Figura 4** Espectro FTIR de la biopelícula M8 sometida a radiación por 1, 3 y 5 días en los sistemas de radiación con 1 y 3 lámparas.

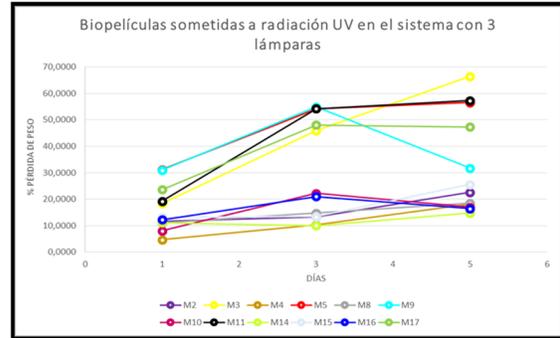


**Figura 5** Microscopías de la biopelícula M8 sometida a radiación en los diferentes sistemas de radiación por 1, 3 y 5 días.

Con el análisis del porcentaje de pérdida de peso se comprueba que el sistema con 3 lámparas de radiación genera un mayor efecto de degradación ya que en el sistema con 1 lámpara el mayor porcentaje de pérdida de peso fue de aproximadamente 29% (figura 3), mientras que, en el sistema con 3 lámparas de radiación, el porcentaje máximo de pérdida de peso, alcanzó aproximadamente el 68% (figura 4).



**Figura 6** Gráfica del porcentaje de pérdida de peso de las biopelículas sometidas a radiación en el sistema con 1 lámpara.

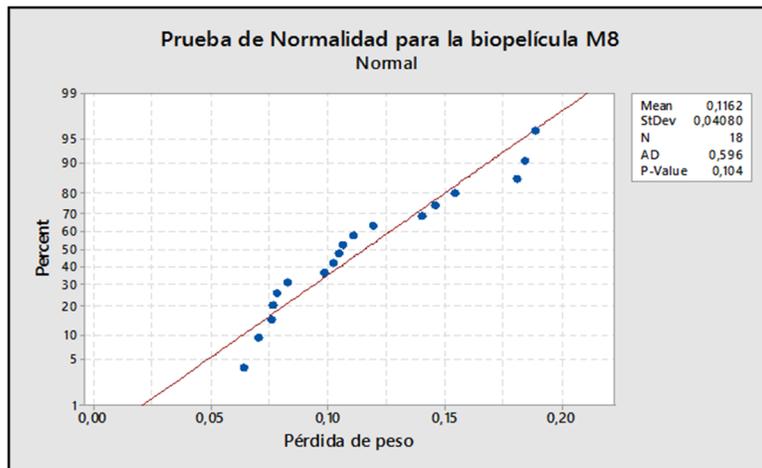


**Figura 7** Gráfica del porcentaje de pérdida de peso de las biopelículas sometidas a radiación en el sistema con 3 lámparas.

En el análisis estadístico, se comprueba la influencia del tiempo y la intensidad de radiación en la variable respuesta con el Análisis de Varianza, al obtener p-value menores que el alfa utilizado (0.05), ver figura 5. De igual manera, se comprueba la normalidad de los datos al obtener un p-value = 0,104 mayor que el alfa utilizado de 0.05, ver figura 6. Además, se obtiene un modelo de regresión confiable:  $PP = 0,06115 + 0,0 \text{Tiempo}_1 + 0,01895 \text{Tiempo}_3 + 0,05256 \text{Tiempo}_5 + 0,0 \text{Int}_1 + 0,06235 \text{Int}_3$ , para la biopelícula M8, ya que en las pruebas de validación para los residuales de normalidad, estabilidad e independencia, se obtienen resultados positivos, además, de un  $R^2$  de 91.88%.

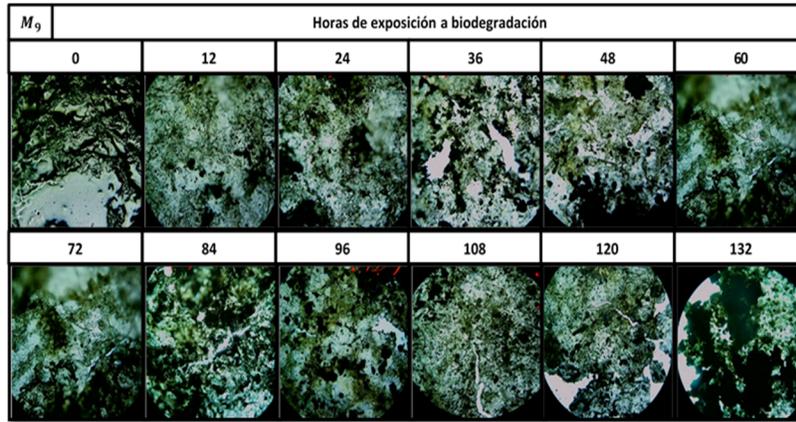
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tiempo	2	0,008501	0,004250	88,85	0,000
Intensidad	1	0,017496	0,017496	365,73	0,000
Tiempo*Intensidad	2	0,001724	0,000862	18,02	0,000
Error	12	0,000574	0,000048		
Total	17	0,028295			

**Figura 8** ANOVA para la biopelícula M8.



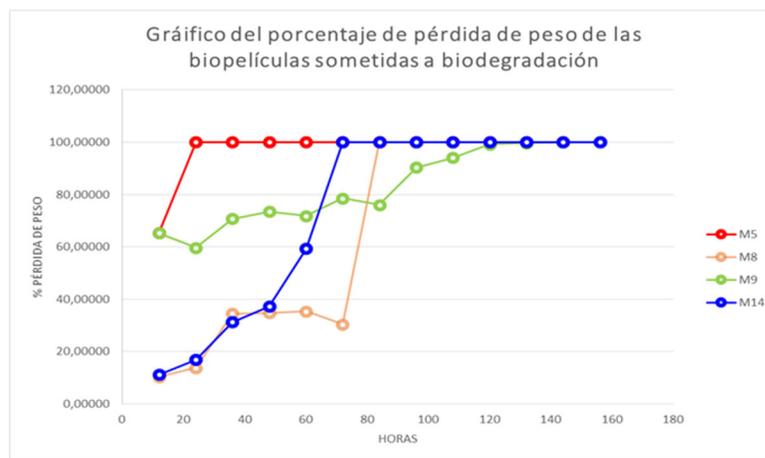
**Figura 9** Prueba de Normalidad Anderson-Darling para la biopelícula M8.

Por otra parte, los efectos de biodegradación se detectaron de manera física con la deformación de las muestras. Las microscopías revelaron cambios en la morfología de las muestras al presentarse agrietamientos, rompimientos y deformaciones en aumento, conforme aumenta el tiempo de exposición a la biodegradación. (Figura 7).



**Figura 10** Microscopías de la biopelícula M9 sometida a biodegradación.

Con el análisis del porcentaje de pérdida de peso se generó un mayor efecto de biodegradación en la biopelícula M5 al obtener una pérdida de peso del 100% en 24 horas (figura 8), sin embargo, se obtuvieron datos escasos para poder realizar un análisis estadístico. La biopelícula M9, tardó 132 horas en degradarse por completo, por lo que se generaron datos suficientes para analizarla estadísticamente.



**Figura 11** Gráfica del porcentaje de pérdida de peso de las biopelículas sometidas a biodegradación.

Finalmente, se obtuvieron datos estadísticamente favorables para la biopelícula M9, ya que se comprobó la influencia del factor humedad en la variable respuesta con el ANOVA (tabla 1). También, se obtuvo un modelo de regresión confiable:

$Promedio PP = 0,060 + 0,02565 \%H + 0,000880 H$ , al pasar las pruebas de validación para los residuales y con un  $R^2$  de 95.53%.

**Tabla 1** ANOVA para la biopelícula M9.

FV	GL	SC	CM	F	Valor p
Humedad	4	1,0802	0,270052	28,58	0,000
Error	34	0,3213	0,009449		
Total	38	1,4015			

## Conclusiones

- El modelo matemático generado mediante el Análisis de Regresión a partir de los dos tipos de degradación sí permite predecir el tiempo de degradación de las biopelículas con base en su formulación.
- Las biopelículas elaboradas a partir de Pectina con glicerol (M5), Quitosano (M8, M14) y una mezcla de Quitosano y Pectina con glicerol (M9) cuentan con características fisicoquímicas (como resistencia, flexibilidad y biodegradabilidad) para ser utilizadas en la producción de materiales de empaque.
- Los espectros indican que existe un proceso de degradación debido a la disminución de los grupos funcionales característicos tanto del Quitosano como de la Pectina, siendo más profundo cuando se aumenta la intensidad de radiación.
- Las microscopías realizadas demuestran que existe un proceso degradativo en las muestras al presentar cambios significativos en su morfología (López et al., 2010), el cual tiene mayor impacto con el incremento del tiempo, la intensidad de radiación y el porcentaje de humedad.
- Se registró un porcentaje de pérdida de peso máximo de 66.39% en el sistema con tres lámparas y un porcentaje de pérdida máximo de 28.67% en el sistema con 1 lámpara, con una diferencia de aproximadamente 38%, por lo que es evidente que existe un efecto de degradación mayor en la variable pérdida de peso en el sistema que tiene 3 lámparas de radiación. Por otra parte, la biopelícula que alcanzó un porcentaje máximo de 100% con mayor rapidez en la biodegradación fue la biopelícula M5 (elaborada a base de Pectina con glicerol), ya que después de 12 horas no se lograron recuperar restos de las muestras.
- Los factores de tiempo e intensidad afectan de manera significativa la degradación química siendo la intensidad la que tiene un mayor efecto en la variable respuesta con un nivel de significancia del 95% como se explica en el Análisis de Varianza. Asimismo, se demuestra que el factor de humedad tiene un efecto significativo en el proceso de degradación biológica.
- El Análisis de Regresión, permitió obtener ecuaciones polinomiales, las cuales permiten predecir la degradación química y la biodegradación de las biopelículas elaboradas a base de Quitosano y Pectina con y sin glicerol. Siendo las mejores mezclas: M5, M8, M9 y M14 por adquirir coeficientes de correlación de 87.90%, 91.88%, 79.05% y 89.91%. Y para la biodegradación,

la mezcla M8 y M9, por lograr coeficientes de correlación del 83.08% y 95.53%, respectivamente, aprobando las pruebas de validación del modelo.

### Agradecimientos

- Agradezco al Instituto Tecnológico de Zacatepec por permitirme la realización de mis estudios en maestría y los apoyos otorgados.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para el estudio de la maestría.

### Referencias

1. A. López; J. Rivas; M. Loaiza; M. Sabino. Revista de La Facultad de Ingeniería. 2010, 25(2), 133–143.
2. A.S. López; M.A. Ríos, N. Ramírez; A. López. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2017, 17(1), 63–73.
3. D. Monzón. Introducción al diseño de experimentos (p. 167 p.).
4. E. Aguilar. Caracterización de propiedades fisicoquímicas, térmicas, reológicas y propiedades de barrera a los gases de películas comestibles elaboradas a partir de mucílago de Salvia hispánica y pectina cítrica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 2013.
5. F. J. González. Caracterización de Materiales y Defectos. 2014.
6. G. García. Estudio de la degradación por radiación ultravioleta de una mezcla de polímeros. Instituto Politécnico Nacional. 2005.
7. J. A. Martín. La microscopía para el estudio de materiales y láminas delgadas. 2010, 519–540.
8. J. B. Fortin; T. M. Lu. Thin Solid Films. 2001, 397 (1–2), 223–228.
9. J. Giraldo. Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del Quitosano. ResearchGate. 2015, 2-6.
10. L. Gourmeitte. Efecto de la radiación UV sobre películas plásticas para invernadero. Universidad Simón Bolívar. 2012.
11. N. Muñoz. Obtención y caracterización de pectinas modificadas mediante tratamientos químicos y físicos. Universidad Autónoma de Madrid. 2015.
12. R. Walpole; R. Myers; S. Myers; Y. Keying. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Edit. Pearson, México, 9 Ed.; 2012, 507-702.
13. T. H. Huang; D. Almeida. Avances en Ciencias e Ingeniería. 2015, 7(1), C20–C30.

# UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ELECTROSPINNING EN LA OBTENCIÓN DE UN ANDAMIO TISULAR PVA/PLGA/COLÁGENO

O. G. Román-Díaz<sup>1</sup>, C. D. Arrieta-Gonzalez<sup>1</sup>, W. N. Hernández-Díaz<sup>1</sup>, R. Salgado-Delgado<sup>1</sup>, Z. Vargas-Galarza<sup>1</sup> y R. C. Cárdenas-Valdez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [omar.grd92@gmail.com](mailto:omar.grd92@gmail.com), [cdaglez@gmail.com](mailto:cdaglez@gmail.com), [wendynetz@yahoo.com.mx](mailto:wendynetz@yahoo.com.mx), [renesalgado@hotmail.com](mailto:renesalgado@hotmail.com), [zully.vg@itzacatepec.edu.mx](mailto:zully.vg@itzacatepec.edu.mx).

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/I.T. Zacatepec, Departamento de Ingeniería Industrial, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec, Morelos, C.P. 62780, México.

*Área de participación: Materiales poliméricos*

**Resumen:** La necesidad actual de reemplazo, reparación y regeneración de órganos y tejidos para pacientes se encuentra en continuo crecimiento, tal que los suministros disponibles no cubren la demanda existente; debido principalmente a la falta de donantes, y a problemas de compatibilidad que llevan al rechazo de trasplantes. Para superar estas desventajas, se han investigado el uso de andamios biocompatibles como alternativa al trasplante [1]. Entre estos andamios se encuentran: cementos óseos [2], hidrogeles para liberación de fármacos [3], materiales para prótesis y para pacientes cardiovasculares [4, 5, 6, 7]. En el presente trabajo se describe el método de obtención de un andamio fibrilar poroso mediante la técnica de electrospinning. El andamio fibrilar fue obtenido variando las concentraciones de poli vinil alcohol (PVA), ácido poli láctico-co-glicólico (PLGA, 75:25) y colágeno tipo 1. Las condiciones del electrohilado fueron de 6, 8, 10 y 18 kV con un diámetro de aguja interno de 3 mm, una distancia del colector de 15 cm. El andamio obtenido fue almacenado a 6°C. Se realizó un seguimiento del proceso haciendo uso de FTIR y su posterior caracterización por SEM, para corroborar la morfología del material.

## Introducción

El término ingeniería de tejidos nació en 1987 y se desarrolló como una alternativa al trasplante tradicional de órganos debido a la escasez o rechazo por parte de los pacientes. La convención fundamental de la ingeniería de tejidos parte de la capacidad del cuerpo humano para curarse a sí mismo, que depende del tipo de enfermedades o heridas, del tejido, el grado de daño, pérdida de la función y el número de tejidos involucrados. El proceso de reparación, sin embargo, se ha mejorado en gran medida gracias a los avances en la tecnología médica [8].

Se ha implementado el uso de nuevas nano-estructuras y técnicas que permitan producir nano-partículas para su aplicación en diversos sectores con la finalidad de mejorar los procesos e incrementar la productividad. Una de éstas es el método de electrohilado o electrospinning, teniendo la característica de ser sencillo, de bajo costo y utilizar una gran variedad de materiales, convirtiéndolo en uno de los más utilizados. Las estructuras obtenidas poseen características únicas, entre ellas su gran área de contacto y alta porosidad. Debido a estas propiedades, las nano-fibras presentan gran interés para ser aplicadas en diferentes áreas, como son la biomédica, textil y de alimentos obteniendo resultados benéficos [9]. El proceso de electrospinning permite obtener fibras por medio de estiramiento coaxial de una solución visco-elástica, estas fibras poseen diámetros que van de las sub-micras a los nanómetros rangos en los que es posible encontrar características únicas, entre las que se encuentra: un área superficial muy grande en relación al volumen (en el

caso de las nano-fibras, esta relación puede ser un aproximado de 103 veces más que una microfibras), flexibilidad en la superficie, alta porosidad, poros interconectados y un rendimiento mecánico superior comparado con otras formas ya conocidas del material, estas características hacen de las nano fibras, óptimos candidatos para una variedad de aplicaciones, entre ellas: ingeniería de tejidos [10]. Por otra parte, con el fin de imitar mejor la nano-estructura de la matriz extra celular (MEC) natural, los nano-materiales se muestran como candidatos prometedores que se asemejan a la MEC y que reemplacen con eficacia los tejidos defectuosos. Durante la última década, andamios fabricados a partir de nano-fibras, nanotubos y nano-partículas han sido investigados para la manipulación de células madre destino. Las nano-fibras son de los materiales mayormente reportados, que parten de polímeros biodegradables sintéticos como ácido poliláctico (PLA), ácido poli láctico-co-glicólico (PLGA), alcohol polivinílico (PVA) o poli caprolactona (PCL); y materiales naturales tales como colágeno y quitosano [8, 11, 12].

El andamio reportado en el presente trabajo es obtenido a partir de colágeno hidrolizado de origen bovino, PVA y PLGA. El colágeno es una de las proteínas más abundantes en la naturaleza y es el responsable de mantener la integridad estructural de los tejidos. En la piel están presentes principalmente los tipos de colágeno sintetizados por los fibroblastos y los miofibroblastos. El colágeno ha sido utilizado en el diseño de sustitutos de la piel [13], los derivados del colágeno bovino son hoy en día aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) y percibidos como elementos de bajo riesgo. El colágeno bovino, disponible en tiras y hojas como película o en polvo, es asequible y de fácil manejo, tiene buena adherencia y excelente potencial de vascularización. Su desventaja se centra en la falta de función de barrera y elasticidad, y su incapacidad para prevenir la invasión bacteriana [14]. Todas las moléculas de colágeno están compuestas por tres cadenas polipeptídicas en una conformación triple helicoidal, con una estructura primaria repetitiva con glicina en cada tercera posición y prolina o 4-hidroxiprolina que preceden a la glicina. El colágeno tipo I difiere de otros colágenos por su baja hidroxilación de lisina y su baja composición en carbohidratos.

El alcohol poli vinílico (PVA) ha ganado popularidad como material de soporte de andamios para aplicaciones de ingeniería de tejidos. Otorga estabilidad mecánica y flexibilidad a los andamios convencionales hechos de polímeros naturales [15]. Además, los hidrogeles de PVA se han utilizado en una serie de aplicaciones biomédicas que incluyen lentes de contacto blandos [16], implantes de cartílago [17], liberación de fármacos [18], cubiertas de piel temporales o vendajes para quemaduras [19] y órganos artificiales [20]. Esto se debe a su inherente no toxicidad, no carcinogenicidad, buena biocompatibilidad y propiedades físicas deseables, como la naturaleza gomosa o elástica y un alto grado de hinchamiento en soluciones acuosas [21]. Además, se ha seleccionado como el aditivo polimérico para producir matrices nano-fibrosas electrohiladas debido a su buena formación de fibras, biocompatibilidad y propiedades de resistencia química [22].

El ácido poli láctico-co-glicólico (PLGA) ha atraído un interés considerable como material base para aplicaciones biomédicas debido a su: biocompatibilidad [23]; velocidad de biodegradación adaptada (según el peso molecular y la proporción del copolímero) [24]; aprobación para uso clínico en humanos por parte de la

Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) [25]; potencial para modificar las propiedades de la superficie para proporcionar una mejor interacción con los materiales biológicos [26]; e idoneidad para su exportación a países y culturas donde la implantación de productos derivados de animales no es bien vista [27].

En este trabajo se realizó el desarrollo y caracterización del material compuesto a base de PVA/Col I/PLGA variando sus concentraciones y condiciones durante el electrohilado con la finalidad de obtener una morfología que sea de tipo fibrilar, asimismo se emplearon agentes acoplantes; como el 1,1'-carbonil-diimidazol (CDI) y 1-metil-2-pirrolidinona anhídrida (NMP), y 1,1,1,3,3,3-hexafluoruro-2-propanol (HFP) como agente nano-estructurador.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Se desarrollaron andamios electrohilados en fases de distintas mezclas de poli vinil alcohol (PVA) 99% hidrolizado pm promedio: 130 000 KDa, ácido poli láctico-co-glucónico (PLGA) 75:25 pm promedio: 76 000 – 115 000 KDa y colágeno hidrolizado de origen bovino (Col I, C9791) con base en la metodología reportada [28, 29, 30], utilizando CDI ( $\geq 90\%$ ) y NMP (99.5%) como agentes acoplantes y HFP ( $\geq 99\%$ ) como agente nano-estructurador. Los parámetros que se consideraron en el proceso de electrohilado fueron establecidas por un diámetro de aguja comercial de 18 y 20 G, voltaje de 6 a 30 KV y un tiempo de procesamiento de 1 a 3 h. Utilizando un equipo marca PerkinElmer modelo Spectrum two se realizó un seguimiento entre cada fase del proceso mediante pruebas de FTIR para corroborar la presencia en el andamio de los grupos funcionales de la matriz y los refuerzos. Se utilizó un equipo JEOL modelo JSM-6010LA para la obtención de imágenes de las muestras por microscopía electrónica de barrido, logrando observar la morfología del andamio fibrilar.

### **Resultados y Discusión**

En las siguientes figuras se observa la caracterización del PVA, PLGA y Col I (figura 1, 2 y 3 respectivamente) donde pueden observarse los grupos funcionales de cada estructura, estos mismos grupos pueden apreciarse en la transmitancia del andamio final (figura 4) donde algunas de las señales características de los refuerzos del material compuesto se encuentran traslapadas dentro de las señales características de la matriz.

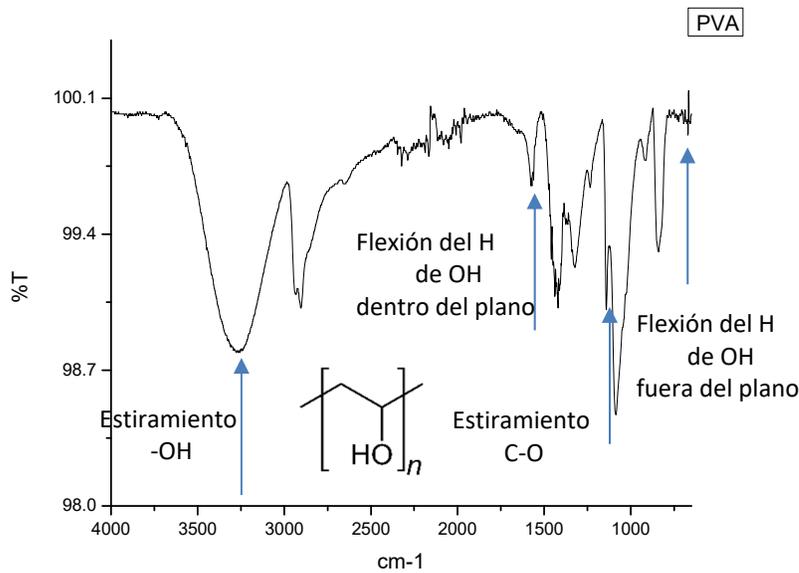


Figura 12. FTIR obtenido para PVA

En el resultado obtenido se puede apreciar con facilidad el grupo -OH (entre 3000 y 3500  $\text{cm}^{-1}$ ) y C-O (entre 1000 y 1100  $\text{cm}^{-1}$ ) característico del PVA, junto con la parte alifática del polímero.

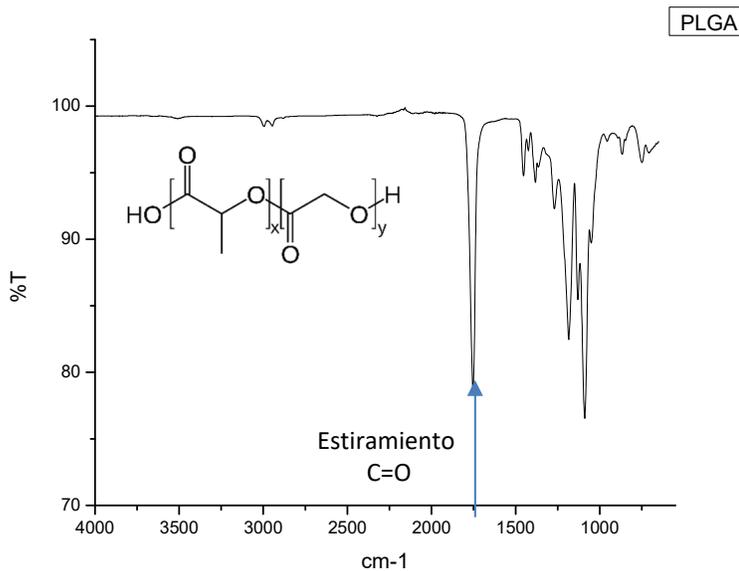


Figura 2. FTIR obtenido para PLGA

En el resultado obtenido se puede apreciar con facilidad el grupo =O (entre 1600 y 1800  $\text{cm}^{-1}$ ) y C-O (entre 1000 y 1100  $\text{cm}^{-1}$ ) característico del PLGA, así como una pequeña pronunciación entre 3400 y 3500  $\text{cm}^{-1}$  que puede ser atribuible a los enlaces -OH en los extremos del polímero, así mismo se puede apreciar la parte alifática.

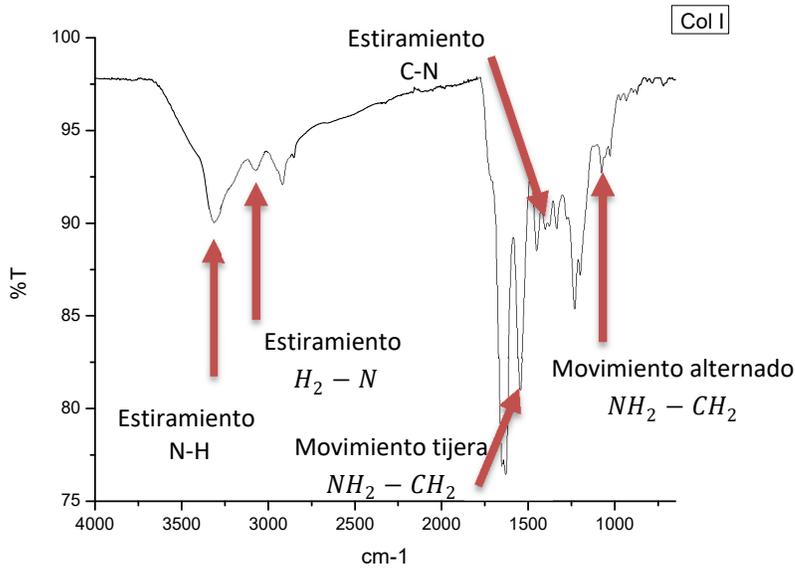


Figura 3. FTIR obtenido para Col I

En el resultado obtenido se puede apreciar con facilidad el grupo -OH (entre 3000 y 3500 cm<sup>-1</sup>) y C-O (entre 1000 y 1100 cm<sup>-1</sup>) característicos, las bandas encontradas para C-N (1690 a 1480 cm<sup>-1</sup>) y -NH (3500 a 3300 cm<sup>-1</sup>) se encuentran traslapadas entre las señales de la parte alifática y del grupo hidroxilo respectivamente.

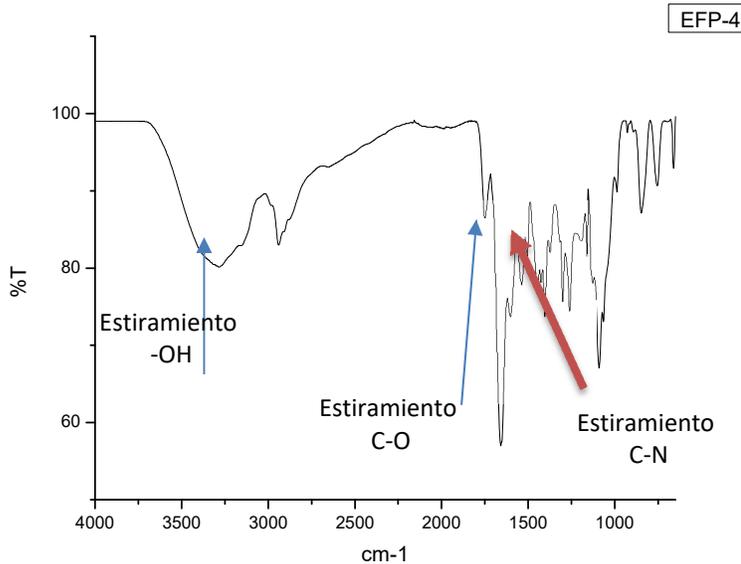
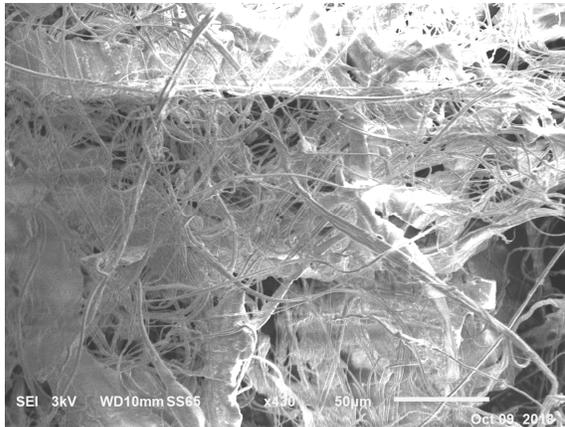


Figura 4. FTIR obtenido para EFP-2

En el resultado obtenido para la matriz final se puede corroborar la presencia de la mayoría de los grupos característicos de la matriz y de los refuerzos del material compuesto, siendo los más notorios el grupo -OH, C-O, C-N, así como la parte alifática del material.

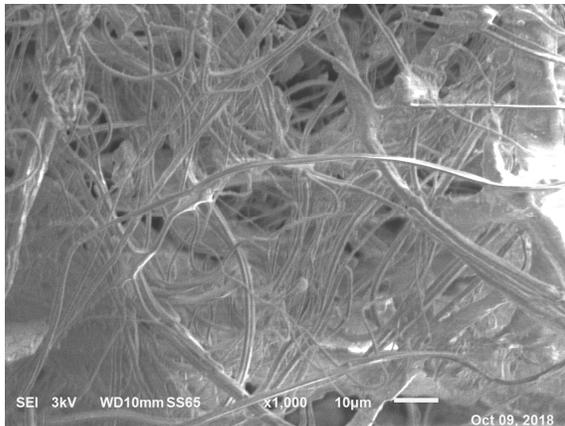
Asimismo en las figuras 5 a 8 se observa la morfología de tipo fibrilar con un fondo característico de colágeno según lo reportado en la literatura [31].



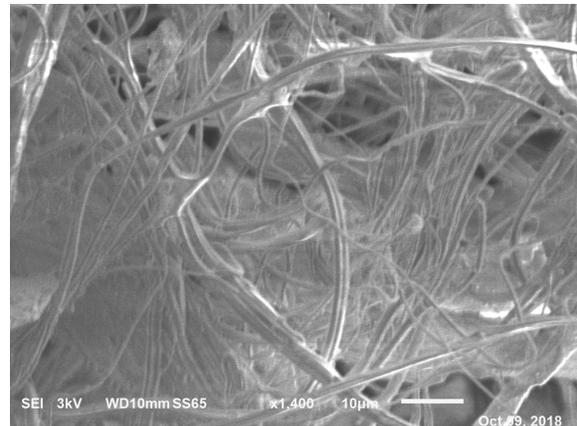
**Figura 5. Andamio fibrilar obtenido observado a 430x**



**Figura 6. Andamio fibrilar obtenido observado a 700x**



**Figura 7. Andamio fibrilar obtenido observado a 1000x**



**Figura 8. Andamio fibrilar obtenido observado a 1400 x**

## Conclusiones

En el desarrollo del material compuesto se observó que es necesario mantener control sobre la viscosidad intrínseca manteniendo concentraciones constantes, asimismo el uso de agujas con un diámetro comercial interior de entre 18 y 20 G es el más adecuado debido a que la mezcla puede fluir con facilidad. El voltaje es el fundamento clave en la formación de los hilos en este trabajo, se observó que a altos voltajes se forman hilos gruesos y quebradizos, pero a bajos voltajes no se logra la formación de hilos ya que permanecen con altas cargas remanentes de la mezcla. Es posible la formación de hilos con los parámetros previamente establecidos para un posible uso en la ingeniería tisular.

## Agradecimientos

A mi asesora por el tiempo y paciencia a lo largo de la experimentación de este trabajo, así como su motivación, consejos y asesoramiento. A mi mesa de comité evaluador por hacerme siempre las observaciones constructivas en la mejora y desarrollo del trabajo. A mi familia, por estar siempre presente. Al apoyo CONACyT.

## Referencias

1. Ikada, Y. (2006). "Scope of Tissue Engineering" in *Tissue Engineering Fundamentals and Applications, 1st ed., vol. 8*. Mie, Japan: Academic Press.
2. MacDonald K., Price R., Boyd D. (2017). The Feasibility and Functional Performance of Ternary Borate-Filled Hydrophilic Bone Cements: Targeting Therapeutic Release Thresholds for Strontium. *Journal of Functional Biomaterials*, 8(3), 28.
3. Patil S., Papadimitrakopoulos F., Burgess D. (2004). Dexamethasone-Loaded Poly(Lactic-Co-Glycolic) Acid Microspheres/Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogel Composite Coatings for Inflammation Control. *DIABETES TECHNOLOGY & THERAPEUTICS* Volume 6, Number 6.
4. Amini, A.R.; Laurencin, C.T.; Nukavarapu, S.P. Bone tissue engineering: Recent advances and challenges. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 2012, 40, 363–408.
5. Ferrone, M.L.; Raut, C.P. (2012). Modern surgical therapy: Limb salvage and the role of amputation for extremity soft-tissue sarcomas. *Surg. Oncol. Clin. N. Am.* 21, 201–213.
6. Dimitriou, R.; Jones, E.; McGonagle, D.; Giannoudis, P.V. (2011). Bone regeneration: Current concepts and future directions. *BMC Med.* 9, 66.
7. Martou, G.; Antonyshyn, O.M. (2011). Advances in surgical approaches to the upper facial skeleton. *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 19, 242–247.
8. Chen Q., Liang S., Thouas G. A. (2013). Elastomeric biomaterials for tissue engineering. *Progress in Polymer Science*, 38, 584-671.
9. Robles-García, M., Francisco, R., Márquez-Ríos, E., Barrera-Rodríguez, A., Aguilar-Martínez, J., & Del toro-Sánchez, C. (2014). APLICACIONES BIOMÉDICAS, TEXTILES Y ALIMENTARIAS DE NANOESTRUCTURAS ELABORADAS POR ELECTROHILADO. *Biotecnia*, 16(2), 44-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.18633/bt.v16i2.46>
10. Duque-Sánchez, L., Rodríguez L., López M. (2013). ELECTROSPINNING: LA ERA DE LAS NANOFIBRAS. *Revista Ibero-americana de polímeros*, 14(1), 10-27.
11. Chen H., Zeng Y., Liu W., Zhao S., Wu J., Du Y. (2013). Multifaceted applications of nanomaterials in cell engineering and therapy. *Biotechnology advances*. 31(5), 638–53, Jan.
12. Zhao C., Tan A., Pastorin G., Ho H. K. (2013). Nanomaterial scaffolds for stem cell proliferation and differentiation in tissue engineering. *Biotechnology advances*, 31(5), 654–68, Jan.
13. Supp D. M., Boyce S. T. (2005) Engineered skin substitutes: practices and potentials. *Clinics in dermatology*, 23(4), 403–12.
14. MacNeil S. (2008). Biomaterials for tissue engineering of skin. *Materials Today*, 11(5), 26–35, May.
15. Chang Y., Seok-Whan M., Kweon-Haeng L., Park C., Suh T., Jung Y., Ahn W., Chun H. (2005). Evaluations of Poli (vinil alcohol) Hydrogels Cross-linked under  $\gamma$ -Ray Irradation. *J. Ind. Eng. Chem*, Vol 11, No. 1, 159-164.
16. Hyon, Suong-Hyu; Cha, Won-Il; Ikada, Yoshito; Kita, Mihori; Ogura, Yuichiro; Honda, Yoshihito. (1994). Poly(vinyl alcohol) hydrogels as soft contact lens material. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 5(5), 397-406 CODEN: JBSEEA; ISSN: 0920-5063.
17. Juang, J. H., Bonner, W. S., Ogawa, Y. J., Vacanti, P. and Weir, G. C. (1996) Outcome of subcutaneous islet transplantation improved by polymer device. *Transplantation*, 61, 1557–1561.

18. Thanoo, B. C., Sunny, M. C. and Jayakrishnan, A. (1993), Controlled Release of Oral Drugs from Cross-linked Polyvinyl Alcohol Microspheres. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 45: 16-20.
19. Ficek BJ, Peppas NA (1993): Novel preparation of poly (vinyl alcohol) microparticles without crosslinking agent for controlled drug delivery of proteins. *J Controlled Release* 27: 259–264.
20. M. Kobayashi and M. Oka, (2004) Composite device for attachment of polyvinyl alcohol-hydrogel to underlying bone, *Artif. Organs*, 28, 734–738.
21. Kobayashi M, Toguchida M, Oka M. (2003) Preliminary study of polyvinyl alcohol-hydrogel (PVA-H) artificial meniscus. *Biomaterials*; 24:639–47.
22. M. Krumora, D. Lopez, R. Benarente, C. Mijangos and J. M. Perena. (2000). Effect of crosslinking on the mechanical and thermal properties of poly(vinyl alcohol), *Polymer*, 41, 9265–9272.
23. Amini, A.R.; Laurencin, C.T.; Nukavarapu, S.P. (2012). Bone tissue engineering: Recent advances and challenges. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 40, 363-408.
24. Ferrone, M.L.; Raut, C.P. (2012). Modern surgical therapy: Limb salvage and the role of amputation for extremity soft-tissue sarcomas. *Surg. Oncol. Clin. N. Am.* 21, 201–213.
25. Dimitriou, R.; Jones, E.; McGonagle, D.; Giannoudis, P.V. (2011). Bone regeneration: Current concepts and future directions. *BMC Med*, 9, 66.
26. Martou, G.; Antonyshyn, O.M. (2011). Advances in surgical approaches to the upper facial skeleton. *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 19, 242–247.
27. Stevens, M.M. (2008). Biomaterials for bone tissue engineering. *Mater. Today*, 11, 18–25.
28. Oktaya B, Kayaman-Apohana N, Erdem-Kurucab S. and Süleymanoğlu M. (2015). Fabrication of collagen immobilized electrospun poly (vinyl alcohol) scaffolds. Marmara University, Department of Chemistry, 34722 Goztepe-Istanbul, Turkey. Department of Chemistry, Marmara University, 34722, Goztepe-Istanbul, Turkey. Istanbul Medical Faculty, Department of Physiology, Istanbul University, 34390, Capa-Istanbul, Turkey. April.
29. Yao J., Wang K., Ren M., Zhe-Liu J., Wang H. (2012). Phase inversion spinning of ultrafine hollow fiber membranes through a single orifice spinneret. Department of Chemical Engineering, Monash University, VIC 3800, Australia. Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Monash University, VIC 3800, Australia. May.
30. Sadeghi-Avalshahr A., Nokhasteh S., Mahdi-Molavi A., Khorsand-Ghayeni M. and Mahdavi-Shahri M. (2017). Synthesis and characterization of collagen/ PLGA biodegradable skin scaffold fibers. Materials Research Department, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran. Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), PO Box 91775-1376, Mashhad, Khorasan Razavi, Iran. August.
31. Matthews J, Wnek G., Simpson D, and Bowlin G. (2002). Electrospinning of Collagen Nanofibers. *Biomacromolecules*, 3 (2), 232-238.

# OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS A PARTIR DE CASCARILLA DE ARROZ/RESINA FENÓLICA

A. Álvarez-Castillo<sup>1</sup>, E. García-Hernández<sup>1</sup>, C. D. Arrieta-González<sup>1</sup>, M. J. Granados-Baeza<sup>1</sup>, I. G. Díaz-Iturbe<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México. [alberto.ac@itzacatepec.edu.mx](mailto:alberto.ac@itzacatepec.edu.mx), [edgar.gh@itzacatepec.edu.mx](mailto:edgar.gh@itzacatepec.edu.mx), [cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx](mailto:cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx), [granados@itzacatepec.edu.mx](mailto:granados@itzacatepec.edu.mx), [irvingiturbe\\_1992@hotmail.com](mailto:irvingiturbe_1992@hotmail.com).

*Área de participación: Materiales poliméricos (IQ).*

**Resumen:** El presente proyecto consiste en la generación de materiales compuestos a partir de cascarilla de arroz/resina fenólica y su correspondiente caracterización mecánica. El propósito del trabajo tiene como finalidad concluir que estos materiales compuestos cumplan técnicamente desde el punto de vista mecánico en su aplicación para la sustitución del aserrín de madera tradicional en tableros para la industria maderera.

Una vez obtenidos los materiales compuestos, se obtendrá la densidad aparente de la cáscara de arroz en condiciones anhidras. Así como también, se determinará la densidad aparente de los materiales compuestos pesando y midiendo el volumen de las placas inmediatamente después de ser extraídas de la prensa. Las probetas obtenidas a partir de las diferentes placas de material compuesto serán ensayadas en modo tensión en una máquina universal siguiendo el procedimiento de ensayo descrito en la norma ASTM D 638-02a (Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics) y en modo flexión en tres puntos en una máquina universal siguiendo el procedimiento de ensayo descrito en la norma ASTM (D790-92 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials). Posteriormente se evaluarán en los siguientes aspectos: absorción de agua de los materiales compuestos de acuerdo a la norma ASTM D790-92 Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement; y velocidad de quemado, siguiendo la norma ASTM D1037 (Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position).

## Introducción

La cascarilla de arroz (RH, por sus siglas en inglés, Rice Husk) es un residuo agroindustrial proveniente del cultivo de arroz y una de las aplicaciones actuales es su incorporación en matrices poliméricas para la fabricación de compuestos ecológicos [1]. Un inconveniente es la disposición final de la cascarilla de arroz, ya que representa el 25% del peso de la semilla de arroz; En 2015 la producción anual de arroz México fue de 123,013 toneladas que equivale a 31,753.25 toneladas de cascarilla de arroz [2], es por ello que en los últimos años es creciente el interés de encontrar alternativas de uso para estos desechos. Estas propuestas incluyen el aprovechamiento energético, aditivo en materiales cerámicos posterior a su pirolisis, cargas en polímeros, y para la fabricación de aglomerados con diferentes aplicaciones.

Normalmente para la elaboración de materiales compuestos para la industria maderera se utilizan materiales provenientes de la tala de árboles, esto tiene como consecuencia que en la actualidad la deforestación siga en aumento.

Por lo tanto, este trabajo se concentrará en analizar la viabilidad técnica para la fabricación de materiales compuestos a partir de cascarilla de arroz/resina fenólica como una alternativa al uso tradicional del aserrín y astilla de madera para elaborar aglomerados. La meta principal es que el material compuesto desarrollado a base de cascarilla de arroz/resina fenólica tenga igual o mejores propiedades mecánicas que las del material compuesto comercial y si es posible, a los materiales compuestos reportados en la literatura. Para esto la primera fase de la elaboración de estos materiales es la compatibilización de la resina fenólica con la cascarilla de arroz para lograr una mejor interface. Por lo que, en el presente comunicado se muestra el análisis del pretratamiento para mejorar la interface carga/matriz, mediante el uso de dos agentes compatibilizantes que actúan físicamente.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### Materiales

La cascarilla de arroz se obtuvo del molino de arroz San José (Arroceros de la Región Sur del Estado de Morelos U.S.P.R de R.L), esta cascarilla de arroz tipo palay se caracteriza por ser un grano grande de apariencia opaca y de tamaño extra largo. Será utilizada sin ningún tipo de trituración o tratamiento previo para ahorrar costos en el proceso de fabricación del material compuesto. El arroz palay debe tener una longitud mayor de 10.0 mm, una anchura mayor de 3.0 mm, y un espesor mayor de 2.0 mm [3]. Se utilizaron dos tipos de agentes compatibilizantes para mejorar la interface del material compuesto, mejorando la unión física: a) sellador 5x1 Comex (poli acetato de vinilo) (PVAc) y b) pegamento artesanal comercial Unirapid Comex (poli alcohol vinílico) (PVA).

Se tomaron 4 muestras de cascarilla de arroz con 100g cada una y se adicionaron a 4 diferentes concentraciones (0, 1, 2.5, 5% en volumen en agua) para saber cuál es la concentración óptima a utilizar en la elaboración de los materiales compuestos. Se estableció un tiempo estándar para escurrir la cascarilla de arroz por 5 minutos posterior al lavado y al pretratamiento, La caracterización de FTIR para cada agente compatibilizante muestra como no varía significativamente los espectros correspondientes al PVA con relación a la cascarilla de arroz pura. Mientras que en los espectros con PVAc se muestran cambios en los picos a  $1635\text{ cm}^{-1}$  -  $1750\text{ cm}^{-1}$  en 5 y 2.5% de concentración respectivamente que se atribuyen a la vibración de alargamiento  $C = O$ , lo que confirma cambio en la estructura superficial, sin embargo muestra diferentes comportamientos en la parte interna como externa de la cascarilla, por lo que se propuso como cantidad optima de concentración para el PVAc a 3.5% o 4% para obtener un óptimo recubrimiento de la cascarilla de arroz tanto interna como externamente.

Caracterización de la cascarilla de arroz pre tratada.

Absorción de humedad.

Se tomó 1 gramo de cascarilla de arroz pretratada en los porcentajes mencionados para evaluar el porcentaje de absorción de humedad a temperatura ambiente a 24 horas, se realizaron 3 repeticiones por cada porcentaje.

Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier.

Los análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR, por sus siglas en inglés) para la cascarilla de arroz, agentes compatibilizantes, se determinaron por el método de reflectancia atenuada Total (ATR, por sus siglas en inglés) utilizando un equipo marca Perkin Elmer modelo Spectrum Two ubicado en el laboratorio de posgrado del ITZ realizando 16 barridos en el infrarrojo medio ( $4,000-400\text{ cm}^{-1}$ ) con una resolución de  $4\text{ cm}^{-1}$ .

Microscopia óptica.

La microscopia óptica de las muestras de cascarilla de arroz se analizaron en un microscopio óptico marca ABBE MPT01 modelo YJ-2016, utilizando magnificaciones de 40x con una cámara adaptada WIFI CAMERA EYEPIECE proyectando la imagen mediante la aplicación UCAM PLUS APP.

## Resultados y Discusión

Caracterización de la cascarilla de arroz pre tratada.

Absorción de humedad.

En la tabla 8 se observan los datos obtenidos de absorción de humedad, se pudo determinar que la cascarilla de arroz a 2.5%, 3.5% y 5% muestran mayor propiedad hidrofóbica que la de 1% y sin tratamiento.

**Tabla 1.** Porcentaje de absorción de humedad de la cascarilla de arroz

Cascarilla de arroz:	Promedios	Desviación estándar
Sin tratamiento de agente compatibilizante	4.33%	1.052
Agente compatibilizante al 1%	4.33%	.7922
Agente compatibilizante al 2.5%	3%	.0020
Agente compatibilizante al 3.5%	3.33%	1.0012
Agente compatibilizante al 5%	3.33%	1.025

Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier.

En los siguientes espectros infrarrojos se observan los cambios en los grupos funcionales de la cascarilla de arroz con los dos tipos de agentes compatibilizantes PVA y PVAc, a 4 diferentes concentraciones (0, 1, 2.5, 5% en volumen en agua) para saber cuál es la concentración óptima a utilizar en la elaboración de los materiales compuestos. La caracterización de FTIR fue para determinar la concentración de grupos funcionales para cada agente compatibilizante que se

utilizó. En la figura 1b) y 1c) se muestra como no varía significativamente los espectros correspondientes al PVA con relación a la cascarilla de arroz pura (ver figura 1). Mientras que en las figuras 2b) y 2c) se muestran cambios en los picos a  $1635\text{ cm}^{-1}$  -  $1750\text{ cm}^{-1}$  en 5 y 2.5% de concentración respectivamente que se atribuyen a la vibración de alargamiento  $\text{C}=\text{O}$ , lo que confirma cambio en la estructura superficial (ver figura 2).

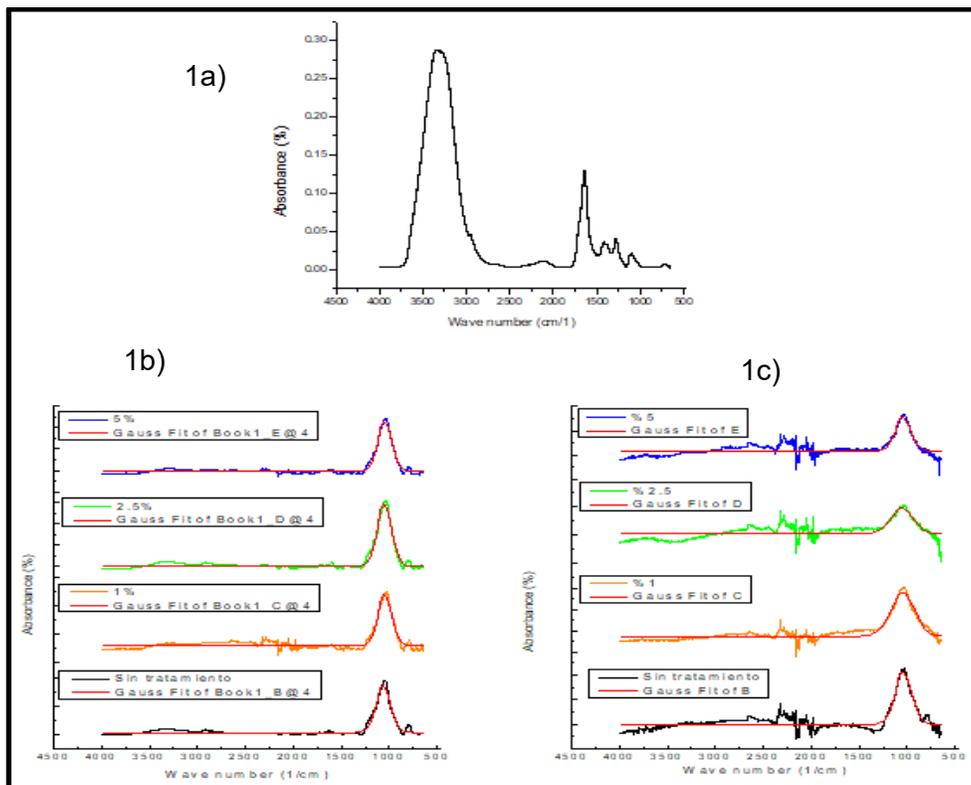


Figura 1. Espectros FTIR de la cascarilla de arroz con pretratamiento PVA: 1a) Agente compatibilizante (PVA), 1b) PVA a diferentes concentraciones en la superficie interna y 1c) PVA a diferentes concentraciones en la superficie externa.

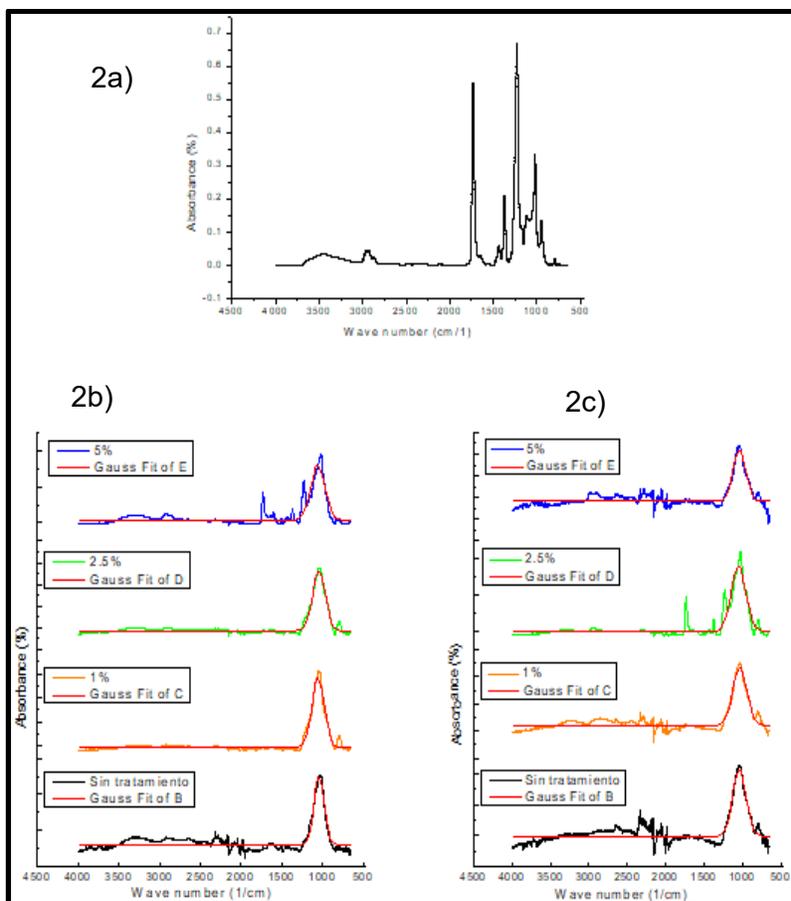


Figura 2. Espectros FTIR de la cascarilla de arroz con pretratamiento PVAc: 2a) Agente compatibilizante (PVAc), 2b) PVAc a diferentes concentraciones en la superficie interna y 2c) PVAc a diferentes concentraciones en la superficie externa.

La caracterización de FTIR fue para determinar la concentración de grupos funcionales para cada agente compatibilizante que se utilizó. En la figura 1b) y 1c) se muestra como no varía significativamente los espectros correspondientes al PVA con relación a la cascarilla de arroz pura. Mientras que en las figuras 2b) y 2c) se muestran cambios en los picos a  $1635\text{ cm}^{-1}$  -  $1750\text{ cm}^{-1}$  en 5 y 2.5% de concentración respectivamente que se atribuyen a la vibración de alargamiento C = O, lo que confirma cambio en la estructura superficial.

Los espectros de infrarrojo confirman buenos resultados para el tratamiento de la cascarilla de arroz con PVAc. Dado que el PVA tiene bastantes grupos OH en el polímero, y estos no se ven reflejados en la señal a aproximadamente  $3500\text{ cm}^{-1}$ , se determina que este pretratamiento no es efectivo. Lo que se propone como cantidad optima de concentración para el PVAc a 3.5% para obtener un óptimo recubrimiento de la cascarilla de arroz tanto interna como externamente (ver figura 3).

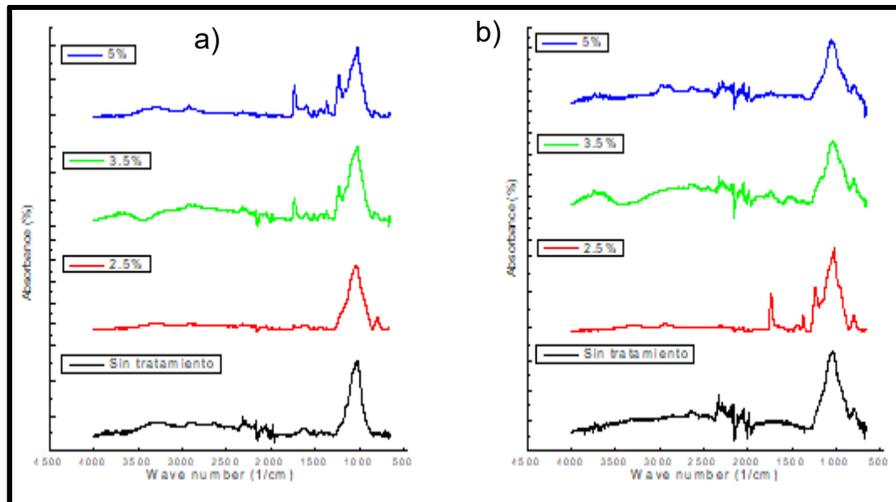


Figura 3. Espectros FTIR de la cascarilla de arroz con pretratamiento PVAc 3.5%: a) PVAc a diferentes concentraciones en la superficie interna y b) PVAc a diferentes concentraciones en la superficie externa.

### Microscopia óptica

Las imágenes muestran cambios superficiales con el PVAc a concentración de 2.5, 3.5 y 5%, tales que se ve como dependiendo el porcentaje de agente compatibilizante la capa superficial se va haciendo más lisa y recubriendo los poros de la misma dando a interpretar que si hay buena interacción entre el agente compatibilizante y la cascarilla de arroz (ver figuras 4 - 7).

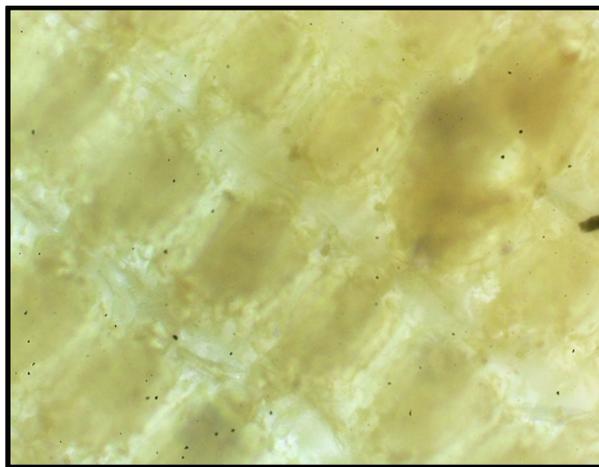


Figura 4. Visualización de la cascarilla de arroz sin tratamiento en microscopio óptico a 40X.

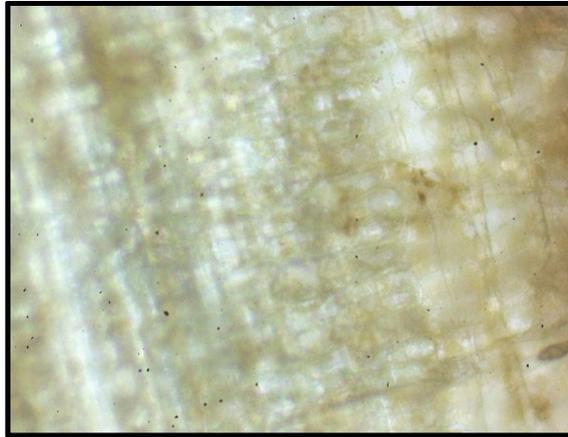


Figura 5. Visualización de la cascarilla de arroz pre tratada a 2.5% con PVAc en microscopio óptico a 40X.

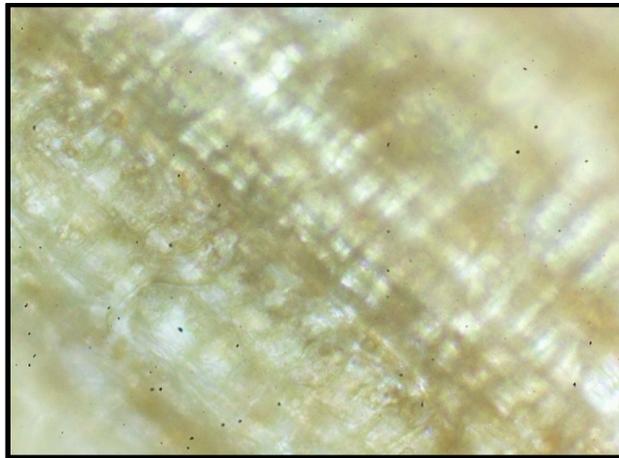


Figura 6. Visualización de la cascarilla de arroz pre tratada a 3.5% con PVAc en microscopio óptico a 40X.

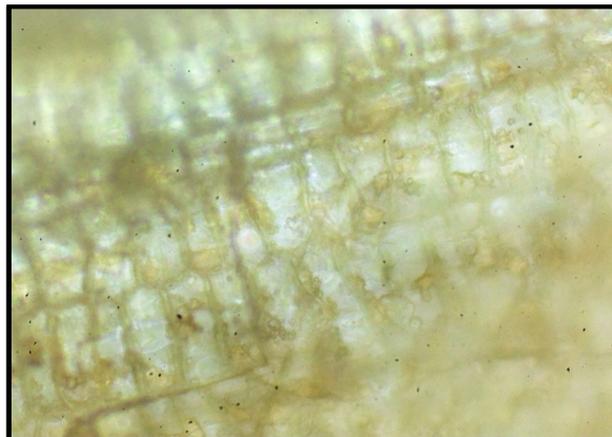


Figura 7. Visualización de la cascarilla de arroz pre tratada a 5% con PVAc en microscopio óptico a 40X.

## Conclusiones

Los espectros de infrarrojo confirman buenos resultados para el tratamiento de la cascarilla de arroz con PVAc. Dado que el PVA tiene bastantes grupos OH en el polímero, y estos no se ven reflejados en la señal a aproximadamente 3500 cm<sup>-1</sup>, se determina que este pretratamiento no es efectivo. Lo que se propone como cantidad óptima de concentración para el PVAc 3.5 o 4% para obtener un óptimo recubrimiento de la cascarilla de arroz tanto interna como externamente y lograr una mejor interface en el material compuesto.

## Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Zacatepec por inculcarme valores y conocimientos que me ayudan a gestionar y aptitudes capaces de apoyar y fomentar el crecimiento de los diferentes sectores económicos, tecnológicos; Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por confiar en mis capacidades y apoyarme económicamente tanto académicamente.

## Referencias

1. 5 Rice Hulls for Composites. (s.f.). En *Introduction to Polymeric Composites with Rice Hulls* (págs. 57 - 67).
2. SAGARPA. (2015). Obtenido de SAGARPA.
3. Industrial, E. I. (2012). DECLARACION General de Protección de la Denominación de Origen "Arroz del Estado de Morelos". *DIARIO OFICIAL*, 118-124.
4. A. Álvarez–Castillo, E. G.–H.–D.–B.–C.–G.–C.–F.–C.–M. (2012). APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LOS MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 140-150.
5. Abelardo Prada, C. E. (2010). LA DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ: UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL. *ORIOQUIA*, 155-170.
6. Backahuss., M. D. (s.f.). Cascarilla de arroz para la industria. *Ráfagas.*, 5.
7. Barcelona, U. d. (13 de 06 de 2018). *Universidad de Barcelona*. Obtenido de <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/resinas-fen%C3%B3licas>
8. C. Desirello, S. C. (2004). Efecto de las condiciones de procesado sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cáscara de arroz. *CONGRESO CONAMET/SAM 2004*, 1-6.
9. Carolina Giovanna Cadena, A. J. (2002). Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. *Ingeniería y Desarrollo*, 1-9.
10. CV, A. d. (2018). *Grupo Ixtla Morales*. Obtenido de <http://www.gpomorales.com/historia.html>
11. D. Chandramohan, A. (2017). Experimental data on the properties of natural fiber particle reinforced polymer composite material. *ELSEVIER.*, 460 - 468.
12. FAO. (2014). Obtenido de FAO.
13. Gloria María Doria Herrera, . A. (2012). Caracterización estructural de la cascarilla de arroz modificada como adsorbente alternativo y eficiente para la remoción de CR(IV) en solución. *Investigación Agraria y Ambiental*, 21-29.

14. Héctor E. Covarrubias Velázquez, A. S. (2016). RESINAS TERMOESTABLES DE FENOL-FORMALDEHÍDO. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 1-11.
15. Hemida, É. (2011). *Polímeros*. Buenos Aires, Argentina.: Educar.
16. Hill, J. W., & Kolb, D. K. (2000). *Química Para El Nuevo Milenio - 8b: Edición*. Pearson Publications Company.
17. Humayatul Ummah, D. A. (2015). Analysis of chemical composition of rice husk used as absorber plates sea water into clean water. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 6046-6050.
18. Joel Telles de Souza, W. M. (2017). EVALUATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF RICE HUSK PANELS GLUED WITH TANNIN-FORMALDEHYDE. *Ciência Florestal vol.27.*, 1003 - 1015.
19. M.Sc. Alexander Gaitán, P. G.-C. (2016). Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de Pennisetum purpureum schum, Philodendron longirrhizum y Musa acuminata. *Rev Cie Téc Agr vol.25 no.1 San José de las Lajas*.
20. Mariano. (06 de Noviembre de 2012). *Tecnología de los plásticos*. Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/11/resinas-melamina-formaldehido-mf.html>
21. Meira, G. (2014). POLIMERIZACIONES POR PASOS CON FORMACIÓN DE RED INFINITA. 1-13.
22. Omar Faruk, A. K.-P. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *ELSEVIER*, 1552-1596.
23. Parija, A. (2014). Thermal Studies Of Different Agrowaste Reinforced Novolac Composites Prepared Under Isothermal Conditions. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 1-20.
24. plasticos, T. d. (25 de Noviembre de 2018). *Tecnología de los plásticos*. Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/>
25. Stupenenengo., F. (2011.). *Materiales y materias primas*. Buenos Aires, Argentina.: Encuentro.
26. VALVERDE, I. A. (2007). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ. *Scientia et Technica Año XIII, No 37. Universidad Tecnológica de Pereira.*, 255-260.

## OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE QUITOSANO/PVA/ NANOARCILLA CON Y SIN ALOE VERA

K.A. Castillo-Rosales<sup>2</sup>, C. D. Arrieta-González<sup>1,2</sup>, E. García-Hernández, H. Alonso-Jiménez<sup>2,3</sup> y Z. Vargas-Galarza<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx](mailto:cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx) \*, [zully.vg@itzacatepec.edu.mx](mailto:zully.vg@itzacatepec.edu.mx) <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [edgar.gh@itzacatepec.edu.mx](mailto:edgar.gh@itzacatepec.edu.mx), [katia\\_alexia93@hotmail.com](mailto:katia_alexia93@hotmail.com),

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto tecnológico de Zacatepec-  
[halonso24@yahoo.com.mx](mailto:halonso24@yahoo.com.mx)

*Área de participación: Materiales Poliméricos (IQ)*

**Resumen:** En este proyecto se obtuvieron películas a base de quitosano/PVA con nanoarcilla como refuerzo para su posible uso como apósitos o hidrogeles con *Aloe Vera* para la rápida cicatrización de heridas superficiales y regeneración de la piel.

Se utilizaron dos soluciones, una de quitosano (1.5 g de quitosano en 70mL de ácido acético 0.5M) y otra solución de PVA al 5% w/v con agua destilada, se mezclaron las soluciones en relaciones de 30/70, 50/50 y 70/30 v/v, usando nanoarcilla en concentraciones de 0%, 1% y 3% (w/w Ch), cada una con 0.4 mL de glicerol. Las muestras fueron caracterizadas por FTIR, DRX, SEM, pruebas mecánicas (esfuerzo a la tensión, módulo de Young y % de elongación) y solubilidad en agua. Los resultados muestran propiedades de resistencia a la tensión con valor mayor de 35MPa, % de deformación más del 70%, la solubilidad fue menor de 45% en todas las muestras.

Este compuesto puede ser una alternativa para la fabricación de apósitos que ayuden a la rápida cicatrización y proteja con un efecto antimicrobiano, además de ser un compuesto biodegradable, al contar con propiedades mecánicas que le proporcionan un soporte resistente y flexibilidad al apósito, asimismo al tener una solubilidad menor de 45% podrían ser factibles para su inmersión en solución de *Aloe Vera*, por otra parte, la permeabilidad que presentaron podría ayudar a la difusión de *Aloe Vera* a través de la membrana.

### Introducción

Los avances tecnológicos a lo largo de la historia han estado íntimamente ligados a la investigación y/o desarrollo de nuevos materiales que presenten mejores propiedades mecánicas, de barrera, aislamiento y térmicas. El uso de materiales compuestos se emplea desde la antigüedad, los primeros biomateriales poliméricos utilizados fueron la celulosa y la seda (en el antiguo Egipto), los cuales se emplearon como apósitos para heridas y suturas, respectivamente, sin embargo, nuevas tecnologías emplean materiales compuestos para diversas aplicaciones, algunas enfocándose en el área biomédica especialmente de ingeniería de tejidos y medicina regenerativa. Los materiales usados en estas disciplinas deben ser biocompatibles y proporcionar un ambiente mecánico donde el nuevo tejido pueda ser sometido al estrés normal de la célula, ser porosos y permeables para permitir el ingreso de nutrientes a las células y disponer de una estructura superficial adecuada para que las células se adhieran. <sup>[1]</sup>

Por otra parte, la utilización de fibras sintéticas elaboradas con poliéster y nylon para el uso de vendajes y apósitos, dañan al medio ambiente, además utilizan un alto consumo energético y en su proceso diversas sustancias químicas que

perjudican a la salud. [2] El desarrollo de biomateriales compuestos para aplicaciones médicas e industriales están optando por elaborar materiales compuestos con fuentes renovables que no dañen al medio ambiente mediante el uso de biopolímeros y extractos naturales, gracias a sus propiedades funcionales es actualmente una de las opciones más prometedoras para el desarrollo de materiales.[3]

En la literatura citada diversos autores reportan el uso de polímeros naturales a base de proteínas, poliésteres y polisacáridos, utilizando quitosano debido a su biocompatibilidad y por sus propiedades antimicrobianas, mecánicas y de barrera. Otros citan la elaboración de apósitos a base de extractos naturales usando *Aloe vera*, por sus amplias aplicaciones medicinales y curativas, adicionando nanopartículas como nanoantibióticos contra aislados bacterianos clínicos resistentes a múltiples fármacos.

Dado a lo anterior, en este proyecto se pretende elaborar materiales compuestos a base de quitosano/ alcohol polivinílico con nanoarcilla como refuerzo y extracto de aloe vera, para su posible uso como apósitos o vendajes, utilizando fuentes renovables, que sean aplicables para la sociedad, el sector salud, la industria y el medio ambiente.

## **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

### ***Diseño experimental.***

Para el diseño experimental se eligieron dos variables independientes  $X_1$  (Concentración de Ch/PVA) y  $X_2$  (Concentración de nanoarcilla). El diseño experimental a emplear será un diseño con dos factores y con tres réplicas, cada factor tiene tres niveles.

### ***Preparación para la solución formadora para los materiales compuestos***

Para la obtención de los materiales compuestos, se preparó quitosano (Ch) de bajo peso molecular en una solución de ácido acético 0.5M hasta su homogenización durante 2 h en agitación magnética, posteriormente se preparó una solución acuosa de 5% de alcohol poli vinílico (PVA) hidrolizado al 99% con agitación constante durante 30 min a 70°C para su posterior uso.

Para la elaboración del material compuesto, primero se mantuvo en agitación la solución de Ch durante 20 min, pasado este tiempo se adicionó nanoarcilla en concentraciones de 0%, 1% y 3% w/w Ch manteniéndose en agitación magnética durante 20 min, posteriormente, se añadió 0.4 mL de glicerol y se mantuvo en agitación durante 20 min, para una mayor dispersión de las nanopartículas la solución fue sometida a baño ultrasónico durante 90 min, pasado este tiempo se adicionó la concentración de PVA con concentraciones 30/70, 50/50 y 70/30 v/v Ch/PVA manteniéndose en agitación magnética durante 20 min a temperatura ambiente. Una vez terminada la agitación se puso nuevamente en baño ultrasónico con calor 20 min. Finalmente, la mezcla es vaciada en moldes de vidrio de 11 x 16 cm a una temperatura de 23°C, y dejada durante 3 días para su secado y solidificación, posteriormente se desprenden del molde y se almacenan en bolsas con cierre hermético para su caracterización.

**Medición del espesor de los materiales compuestos.**

Una vez obtenidos las muestras sólidas sin inmersión de *Aloe Vera*, se midió el espesor de cada uno con ayuda de un Micrómetro Digimatic IP65 MITUTOYO, modelo MDC-1" MJ, con un error permisible de  $\pm 0.00005$ " y se registraron 10 mediciones aleatorias para cada muestra, verificando que el espesor promedio no superaran 1mm de espesor, como lo marca la Norma ASTM D 882-02.<sup>[4]</sup>

**Determinación de las propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas de las muestras se realizaron por triplicado de acuerdo a la Norma ASTM D882-02 en el equipo BlueHill Lite de INSTRON Modelo 2519-107. Las pruebas mecánicas se llevaron a cabo por medio de ensayos de tensión para evaluar el esfuerzo máximo de tensión a la fractura (TF), porcentaje de deformación y módulo de Young.<sup>[5]</sup>

**Espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR)**

Las pruebas de FTIR a los muestras obtenidas, se realizaron en un espectrofotómetro de FTIR-ATR marca PerkinElmer Spectrum Two con software Spectrum®, se analizaron en el modo de transmitancia con un intervalo de 650 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ , con una resolución de 4  $\text{cm}^{-1}$  y 16 barridos, utilizando el accesorio de ATR (Reflectancia Total Atenuada).<sup>[6]</sup>

**Microscopía electrónica de barrido (SEM)**

Las Microscopías Electrónicas de Barrido de las muestras, se obtuvieron en un Microscopio Electrónico de Barrido marca JEOL Modelo JSM-6010A, utilizando 3 Kv y magnificaciones de 100x, 300x y 500x.

**Determinación de la solubilidad en agua**

Se determinó el % de solubilidad en agua bajo la norma ASTM D 570-98, se cortaron cada una de las muestras con dimensión de 2x2 cm y se colocaron en viales de plástico de 50 mL, posteriormente se adicionaron 30 mL de agua baja en sales en cada vial y se dejaron en reposo durante 24 horas a 23 °C. Transcurrido el tiempo, se decantó el agua de los viales y los residuos de las muestras se colocaron en una celda de aluminio para su secado en una estufa durante 24 horas a 100 °C. El porcentaje de solubilidad se calculó de acuerdo a la Ecuación (1):

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{w_i - w_f}{w_i} * 100 \quad \text{Ec.1}$$

dónde:  $w_i$  y  $w_f$  son los pesos iniciales y finales respectivamente de las muestras.<sup>[7]</sup>

**Determinación de permeabilidad al vapor de agua**

Para la determinación de la permeabilidad al vapor de agua se realizaron utilizando una modificación del método gravimétrico sugerido por la norma ASTM E 96-00. Esta prueba se hizo por triplicado, se cortó una sección circular de 0.8 mm de diámetro, y se midió el espesor de cada una de las muestras, se colocó en la parte superior de un vial para cromatografía de 2mL. En el vial se vertió 1 mL de solución sobresaturada de nitrato de potasio para generar una humedad relativa constante, los viales fueron colocados en un desecador que contenía agente secante, la

variación en el peso del vial fue registrada cada hora en una balanza analítica durante 8 horas. Finalmente, los datos se usaron para realizar los cálculos correspondientes para determinar la permeabilidad al vapor de agua bajo la norma.

### **Análisis de varianza (ANOVA)**

El análisis ANOVA, se realizó para cada una de las respuestas como pruebas mecánicas (esfuerzo a la tensión, porcentaje de deformación y módulo de Young) y % de solubilidad, con ayuda del Software MINITAB 18, declarando dos factores de estudio, Factor1=concentración de Ch/PVA y Factor 2=concentración de nanoarcilla, así como la interacción entre ellos.

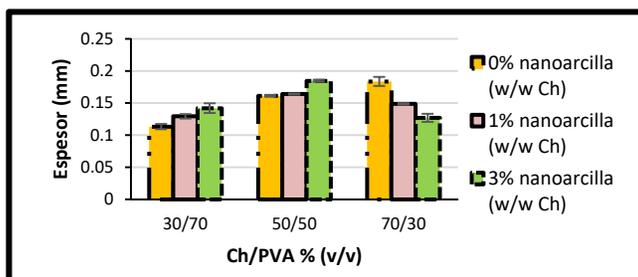
### **Resultados y Discusión**

Se obtuvieron 9 muestras con diferentes concentraciones de Ch/PVA y nanoarcilla cada una por triplicado para la elaboración del material compuesto, presentando un color transparente a un color ámbar, como se muestra en la Figura 1.

En la Figura 2, se muestra el comportamiento de acuerdo a los espesores obtenidos con las diferentes concentraciones de Ch/PVA y nanoarcilla, observando que las muestras con concentración 50/50 muestran mayor espesor, por otra parte, las muestras con relación 30/70 tuvieron mayor espesor a medida que se le agrega nanoarcilla, este comportamiento es el mismo que las muestras con relación 50/50 Ch/PVA, sin embargo en la relación 70/30 con mayor concentración de PVA el espesor es menor a medida que se incrementa la concentración de nanoarcilla. Esto podría ser debido a que hay una mayor interacción cuando la concentración de Ch es mayor, haciendo las muestras más ligeras, permitiendo mayor dispersión de nanoarcilla a lo largo de la superficie.

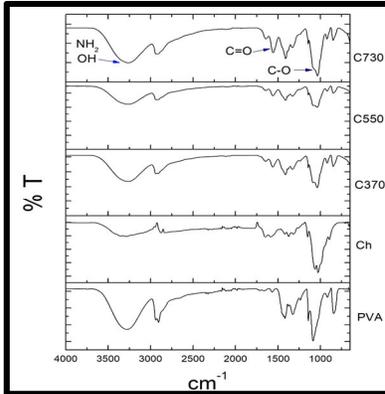


**Figura 1.-** Material compuesto.

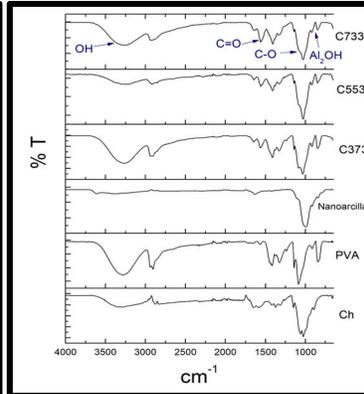


**Figura 2.-** Espesor de las muestras con diferentes concentraciones.

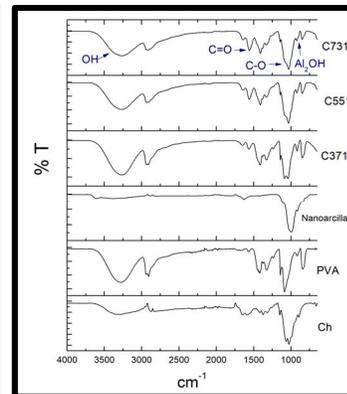
Los espectros FTIR SE muestran en las Figuras 3, 4 y 5, mostrando los grupos funcionales presentes. En el rango de 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$  se muestra el estiramiento del grupo hidroxilo, aproximadamente en 1600  $\text{cm}^{-1}$  se presenta el estiramiento C=O y en 1100  $\text{cm}^{-1}$  se encuentra el estiramiento C-O, se observa que hay un aumento de la señal del estiramiento O-H,  $\text{NH}_2$  y del estiramiento C-O a medida que se incrementa la concentración de quitosano y PVA, sin embargo, cuando la concentración es 50/50 v/v Ch/PVA tiende a ver una disminución de la señal y desplazamiento.



**Figura 3.-** FTIR de las muestras C370, C550 y C730 comparadas con los FTIR de PVA y quitosano.



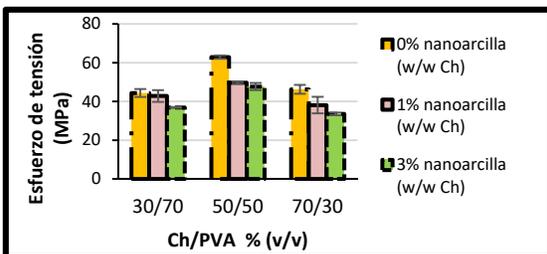
**Figura 4.-** Espectros FTIR de muestras con 3% de nanoarcilla.



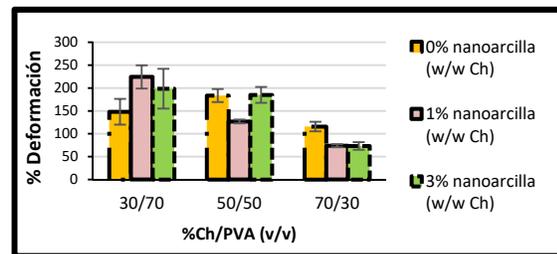
**Figura 5.-** Espectros FTIR de las muestras con 1% de concentración de nanoarcilla.

De acuerdo a las pruebas realizadas, las muestras podrían ser factibles para ser un hidrogel o usarlo como apósito, debido a que presentan propiedades de resistencia a la tensión con valor mayor de 35MPa, % de deformación más del 70%, la solubilidad fue menor de 45%, las micrografías SEM mostraron una morfología rugosa con mayor concentración de PVA y lisa con mayor concentración de quitosano y nanoarcilla. De acuerdo a la morfología presentada las películas presentan una forma lisa y en la adición de nanoarcilla presentan patrones que indican su presencia. Los análisis FTIR, muestran interacciones en los grupos funcionales, y en algunas muestras disminuye el % de transmitancia, indicando que hay una disminución de los grupos funcionales y que estos interactúan habiendo más entrecruzamientos en relaciones 50/50 Ch/PVA, por lo que en esa misma relación el espesor es mayor, sin embargo, en la relación de 30/70 Ch/PVA el espesor es menor a medida que se incrementa la nanoarcilla obteniendo una mayor área de superficie para su dispersión.

Los resultados de las pruebas mecánicas y % de solubilidad son presentados en las Figuras 6, 7, 8 y 9.



**Figura 6.-** Esfuerzo de tensión.



**Figura 7.-** % de deformación.

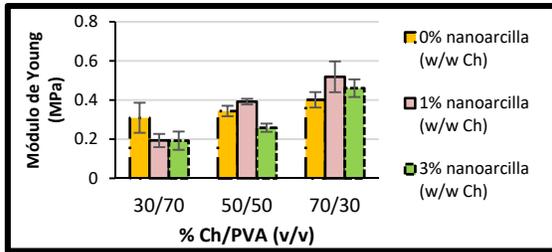


Figura 8.- Módulo de Young.

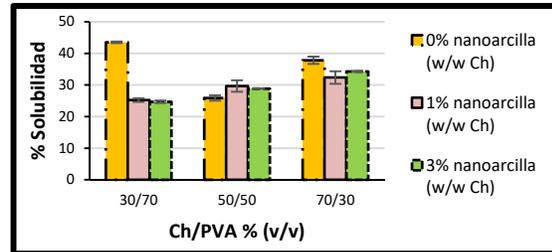


Figura 9.- % solubilidad.

A medida que se agrega nanoarcilla, la morfología presenta una forma más lisa, además presenta patrones que podría tratarse de la dispersión de nanoarcilla a lo largo del compuesto (Figura10).

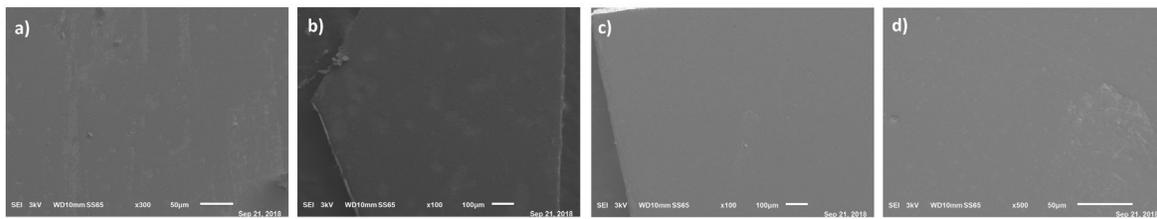


Figura 10.- Micrografías SEM correspondientes a las muestras a) C730, b) C731, c) C733 y d) C733

Se realizó el análisis de varianza con cada una de las respuestas teniendo un modelo de 2 factores (relación Ch/PVA y concentración de nanoarcilla) y tres niveles en cada uno, el análisis estadístico se realizó con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ). En la tabla 1, 2, 3 y 4 se muestran las respuestas del análisis de varianza, dónde se comprueba que el uso de nanoarcilla y PVA influyen en las respuestas de % solubilidad y pruebas mecánicas.

Tabla 1.- Análisis de varianza para la respuesta de % deformación.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ch-PVA	2	51553.2	25776.6	57.45	0.000
NANOARCILLA	2	542.7	271.4	0.60	0.557
Ch-PVA*NANOARCILLA	4	18666.2	4666.5	10.40	0.000
Error	18	8076.6	448.7		
Total	26	78838.7			

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
21.1826	89.76%	85.20%	76.95%	

Tabla 2.- Análisis de varianza para la respuesta de Esfuerzo a la tensión.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ch-PVA	2	1046.00	523.000	112.25	0.000
NANOARCILLA	2	642.25	321.126	68.92	0.000
Ch-PVA*NANOARCILLA	4	108.09	27.023	5.80	0.004
Error	18	83.87	4.659		
Total	26	1880.21			

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
2.15855	95.54%	93.56%	89.96%	

**Tabla 3.-** Análisis de varianza para la respuesta de Módulo de Young.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ch-PVA	2	0.23630	0.118149	52.07	0.000
NANOARCILLA	2	0.01976	0.009881	4.35	0.029
Ch-PVA*NANOARCILLA	4	0.05501	0.013752	6.06	0.003
Error	18	0.04084	0.002269		
Total	26	0.35191			

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
0.0476337	88.39%	83.24%	73.89%	

**Tabla 4.-** Análisis de varianza para la respuesta de % de solubilidad.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ch-PVA	2	201.86	100.932	92.33	0.000
NANOARCILLA	2	257.42	128.710	117.74	0.000
Ch-PVA*NANOARCILLA	4	499.73	124.932	114.29	0.000
Error	18	19.68	1.093		
Total	26	978.68			

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
1.04553	97.99%	97.10%	95.48%	

## Conclusiones

Este compuesto puede ser una alternativa para la fabricación de apósitos que ayuden a la rápida cicatrización y proteja con un efecto antimicrobiano, además de ser un compuesto biodegradable, al contar con propiedades mecánicas que le proporcionan un soporte resistente y flexibilidad al apósito, asimismo al tener una solubilidad menor de 45% podrían ser factibles para su inmersión en solución de *Aloe Vera*, por otra parte, la permeabilidad que presentaron podría ayudar a la difusión de *Aloe Vera* a través de la membrana.

## Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para el desarrollo de este proyecto, Clave de registro: **5765.19-P**

Al CONACyT por la beca otorgada a la primer autora para los estudios de Maestría en Ciencias de la Ingeniería.

Al TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, especialmente a la División de Estudios de Posgrado e Investigación.

## Referencias

- Osorio-Delgado, M. A., Henao-Tamayo, L. J., Velásquez-Cock, J. A., Cañas Gutierrez, A. I., Restrepo-Múnera, L. M., Gañán-Rojo, P. F., . . . Cristina-Castro. (2017). Biomedical applications of polymeric biomaterials. *DYNA*, 84(201), 241-252.
- Axel, B. (8 de Noviembre de 2017). *INDUSTRIA TEXTIL, UNA ACTIVIDAD QUE AFECTA AL MEDIO AMBIENTE SILENCIOSAMENTE*.
- K. Maldonado-Lara, A. R.-H.-Á.-N. (2016). Preparación y caracterización de películas de quitosano con extractos naturales para aplicaciones biomédicas. *MEMORIAS XXXIX DEL CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA BIOMÉDICA*, 165-169.
- M.L. Rodríguez-Marín<sup>1</sup>, L. B.-P. (2013). Propiedades mecánicas y de barrera de películas elaboradas con harina de arroz y plátano reforzadas con nanopartículas:

- estudio con superficie de respuesta. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(1), 165-176.
5. Cissé, D. M.-N.-C. (24 de Abril de 2012). Influence of the Concentrations of Chitosan and Glycerol on Edible Film Properties Showed by Response Surface Methodology. *J Polym Environ*, 20, 830–837. Obtenido de J Polym Environ.
  6. Nieves, I. S. (2011). *Elaboración y caracterización de películas conformadas por biomoléculas y nanopartículas*.
  7. M. Enríquez C., R. V. (2012). Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, X(1), 182-192.

# DESTILACIÓN POR MEMBRANA POROSA HIDRÓFOBA PARA APLICACIONES EN SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO POR ABSORCIÓN

**S. D. Nanco-Mejía<sup>1</sup>, J. Ibarra-Bahena<sup>2</sup>, U. Dehesa-Carrasco<sup>3</sup>, W. Rivera-Gómez-Franco<sup>2</sup> y R. J. Romero<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas e Ingenierías, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad, No. 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México - [me\\_sany@hotmail.com](mailto:me_sany@hotmail.com), <sup>2</sup>Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, [jibarra@ier.unam.mx](mailto:jibarra@ier.unam.mx), [wrgf@ier.unam.mx](mailto:wrgf@ier.unam.mx), <sup>3</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, [udehesaca@conacyt.mx](mailto:udehesaca@conacyt.mx), <sup>4</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, [rosenberg@uaem.mx](mailto:rosenberg@uaem.mx)

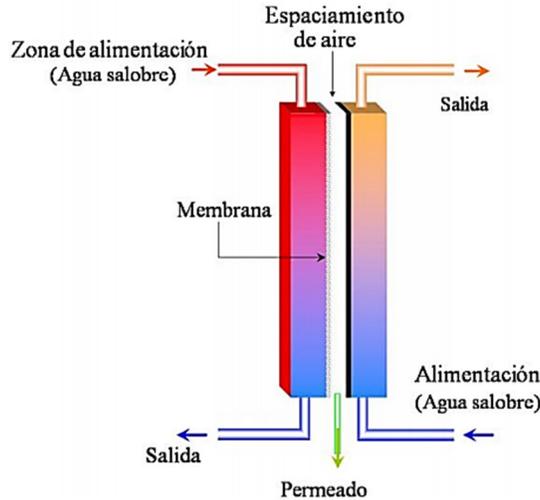
**Área de participación:** *Tecnología ambiental*

**Resumen:** En este trabajo se evaluó la tasa de desorción de vapor de agua a partir de una solución acuosa de LiBr utilizando un prototipo desorbedor/condensador con configuración de destilación por membrana con espaciado de aire que funciona a presión atmosférica. Se realizaron pruebas experimentales para evaluar la tasa de desorción a diferentes temperaturas de alimentación de la solución acuosa de LiBr (75.2, 80.3, 85.1, 90.4 y 95.2 °C) manteniendo la temperatura de agua de enfriamiento constante a 25.1 ± 0.2°C, una concentración promedio de 49.73 ± 0.03% (en peso de LiBr) y un flujo másico constante de 3.50E-02 ± 2.0 E-05 kg/s. La tasa de desorción fue de 1.64 kg/h m<sup>2</sup> a 75.2 °C hasta 5.37 kg/h m<sup>2</sup> a 95.2 °C. Los resultados muestran que el prototipo propuesto es una alternativa con potencial para sustituir a los desorbedores convencionales por ebullición en los sistemas de aire acondicionado por absorción que utilizan agua como fluido refrigerante.

## Introducción

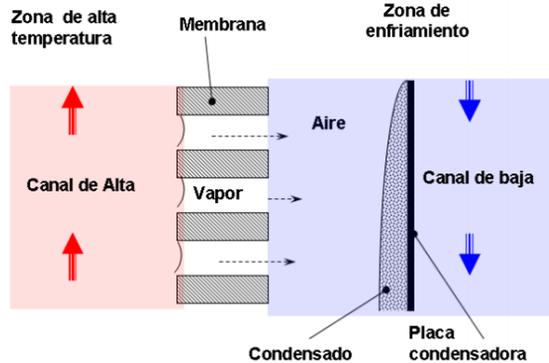
Un sistema de aire acondicionado por absorción se compone de al menos cuatro elementos: generador, evaporador, absorbedor y condensador, donde el desorbedor (o generador) es uno de los componentes más importantes en la cuantificación del desempeño de estas máquinas. Los desorbedores convencionales requieren de un flujo de calor constante para alcanzar el punto de ebullición de la mezcla de trabajo y separar el fluido refrigerante en fase vapor. En sistemas que utilizan soluciones acuosas como LiBr requieren operar a condiciones de presión por debajo de la atmosférica, lo que hace necesarios equipos auxiliares para el correcto funcionamiento de estos desorbedores, como el uso de una bomba de vacío para disminuir la presión de operación y por lo tanto disminuir el punto de ebullición, además de tuberías selladas herméticamente. Entonces una alternativa a la desorción convencional por ebullición es la destilación por membrana (MD) que involucra la transferencia de calor y masa simultánea a través de los poros de una membrana semipermeable para separar los componentes generalmente volátil y no volátil de una solución, utilizando energía térmica para vaporizar moléculas volátiles presentes en la corriente de alimentación para la separación de vapor de agua de una solución salina acuosa (LiBr) a temperaturas menores que su punto de ebullición, trabajando a presión atmosférica. Una de las configuraciones de MD de especial interés para el desarrollo de nuevos desorbedores, es la destilación por membrana con espaciado de aire (AGMD por las siglas en inglés de *Air Gap*

*Membrane Distillation*) que se compone por una zona de alimentación de solución salina caliente, una membrana porosa e hidrófoba, una zona de espaciamento de aire, una placa condensadora y la zona de enfriamiento como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.-** Configuración de AGMD.

La fuerza impulsora de la difusión del vapor de agua a través de los poros de la membrana es la diferencia de presión parcial causada por la diferencia de temperatura entre los dos lados de la membrana [1], para esto la mezcla de trabajo (LiBr) debe estar a alta temperatura relativa y la placa de refrigeración a baja temperatura relativa [2] como se observa en la Figura 2.

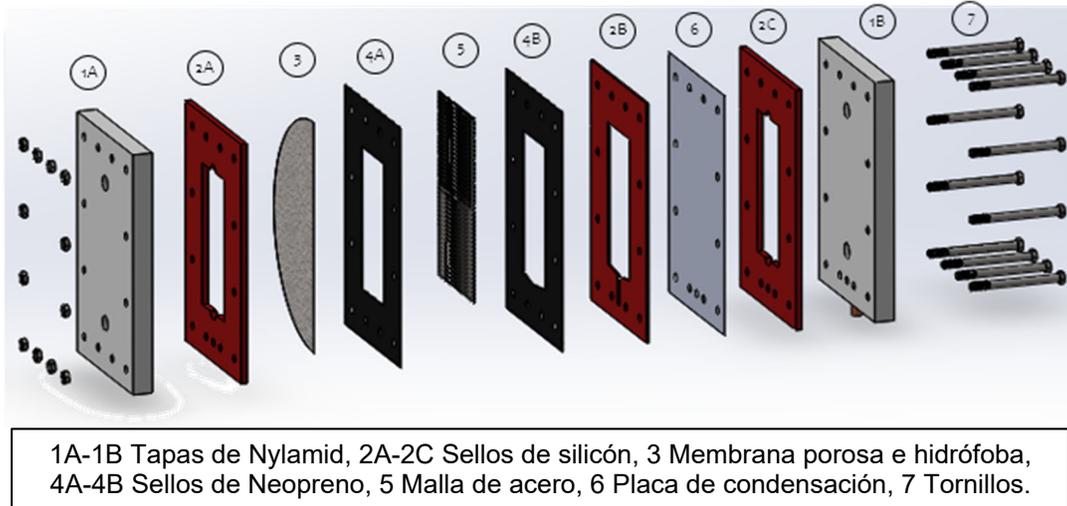


**Figura 2.-** Diagrama esquemático del proceso de destilación por membrana con espaciamento de aire.

### Sección Experimental

Se utilizó un desorbedor/condensador de membrana porosa e hidrófoba mostrado en la Figura 3, tiene una altura de 300 mm de alto y 200 mm de ancho, y se conforma de dos placas de Nylamid de 1 pulgada de espesor para evitar la pérdida de calor, una malla de acero inoxidable con Mesh #4 para soporte de la membrana, una membrana PTFE (conocida comercialmente como FGLP29325), una lámina de

aluminio calibre 26 (que funciona como placa de refrigeración), tres hojas de silicón de alta temperatura con 3 mm de espesor, dos hojas de neopreno de 1 mm de espesor y doce juegos de tornillos 3/8 x 3 pulgadas con sus respectivas tuercas para la unión del sistema.



**Figura 3.-** Modelo del desorbedor/condensador experimental.

El canal de la mezcla de trabajo (LiBr) se encuentra formado entre la tapa de Nylamid 1A, el sello de silicón 2A y una cara de la membrana 3; el espaciamiento de aire se forma entre la otra cara de la membrana 3 pasando por dos sellos de neopreno 4A Y 4B, la malla metálica 5, un sello de silicón 2B y la placa de aluminio 6 que funciona como placa de condensación, finalmente el canal del agua de enfriamiento se encuentra formado entre la placa de aluminio 6, el sello de silicón 2C y la tapa de Nylamid 1B.

Acoplado a esta unidad desorbedor/condensador se utilizó un tanque de almacenamiento de agua de 500 litros de capacidad y una bomba para circular el agua de enfriamiento, se utilizó un baño térmico de 1000 W con regulador de temperatura y 15 litros de capacidad para mantener la temperatura de la solución de LiBr constante. Se midió el caudal másico de la solución de LiBr con un medidor de flujo coriolis marca Emerson modelo CNG050. Se colocaron sensores tipo RTD pt100 para medir la temperatura a la entrada y salida del desorbedor/condensador, así como del intercambiador de calor de placas (PHE) AlfaNova modelo 27-20H utilizado para calentar la solución de LiBr, una bomba de engranes de velocidad variable con cabezal de acero inoxidable marca Cole Parmer modelo L22094A.

Se realizaron pruebas experimentales con las siguientes condiciones de operación: 5 temperaturas de alimentación de la solución acuosa de LiBr (75.2, 80.3, 85.1, 90.4 y 95.2 °C) a temperatura constante de agua de enfriamiento a 25.1  $\pm$  0.2°C, un flujo másico de agua de enfriamiento constante de 0.033 kg/s, una concentración promedio de 49.73  $\pm$  0.03% (en peso de LiBr) y flujo másico constante de la solución acuosa de LiBr a 3.50E-02  $\pm$  2.0 E-05 kg/s. El proceso de desorción se llevó a cabo a presión atmosférica.

## Resultados y Discusión

La Figura 4 nos muestra la tasa de desorción en función de la temperatura de la solución acuosa de LiBr trabajando a presión atmosférica. A medida que la temperatura de la solución acuosa de LiBr aumenta la tasa de desorción aumenta de forma no lineal.

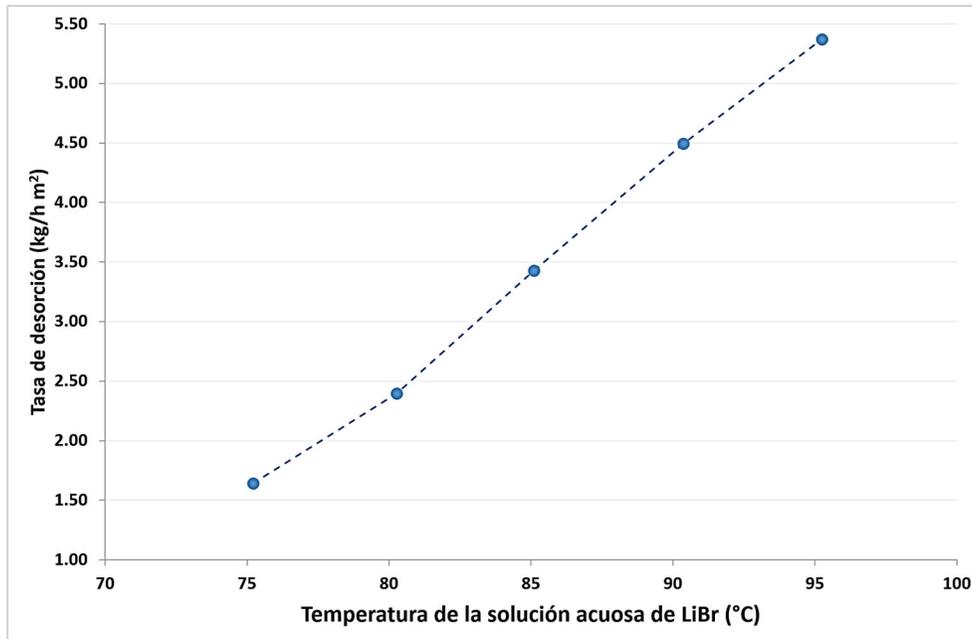


Figura 4.- Tasa de desorción en función de la temperatura de condensación.

## Conclusiones

En el presente trabajo se realizaron pruebas experimentales en una unidad desorbedor/condensador con configuración de destilación por membrana con espaciado de aire. Se evaluaron 5 temperaturas de alimentación de la solución acuosa de LiBr (75.2, 80.3, 85.1, 90.4 y 95.2 °C). La tasa de desorción experimental fue de 1.64 kg/h m<sup>2</sup> a 75.2 °C hasta 5.37 kg/h m<sup>2</sup> a 95.2 °C.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que a medida que aumenta la temperatura de la solución acuosa de LiBr la tasa de desorción aumenta de forma no lineal. A partir de los experimentos llevados a cabo, los resultados muestran que el prototipo propuesto es una alternativa con potencial para sustituir a los desorbedores convencionales por ebullición para sistemas de aire acondicionado por absorción que utilizan agua como fluido refrigerante.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Proyecto CEMIE-SOL P09 “Desarrollo de sistemas de enfriamiento operados con energía solar” del Fondo Sectorial CONACyT – SENER y al Proyecto de Ciencia Básica 167434 de CONACyT. Ulises Dehesa-Carrasco agradece al IMTA por el proyecto “1772 Cátedras CONACYT 581 México” y al proyecto “879 Proyectos de desarrollo científico para atender problemas nacionales 2014”. Jonathan Ibarra Bahena agradece al proyecto CIC 2018.

**Referencias**

1. J. Ibarra– Bahena; U. Dehesa – Carrasco; R.J. Romero; B. Rivas – Herrera; W. Rivera, *Exp. Ther. Fluid Sci.*, 2017, 88, 145.
2. U. Dehesa – Carrasco; C.A. Pérez – Rábago; C.A. Arancibia - Bulnes, *Desalination.*, 2013, 326, 47.

## DEGRADACIÓN DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD CON RADIACION UV

B. E. Sotelo-Fuentes<sup>1</sup>, L. F. Cuevas-Velazquez<sup>1</sup>, C.D. Arrieta-Gonzalez<sup>1,2</sup>, H. Alonso-Jimenez<sup>3</sup>,  
y E. García-Hernández<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec  
[sof\\_bren@hotmail.com](mailto:sof_bren@hotmail.com) <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico  
de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México  
[eddgarcia@hotmail.com](mailto:eddgarcia@hotmail.com), [fernanda.cuevasv@gmail.com](mailto:fernanda.cuevasv@gmail.com), [cdaglez@gmail.com](mailto:cdaglez@gmail.com),

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec  
[halonso24@yahoo.com.mx](mailto:halonso24@yahoo.com.mx)

*Área de participación: Materiales poliméricos.*

**Resumen:** Se realizó un estudio preliminar de la degradación del polietileno de baja densidad utilizando 4 tiempos de radiación UV. La degradación por radiación UV se evaluó mediante las técnicas FTIR, SEM y microscopía óptica. La exposición a radiación UV originó la formación del grupo funcional carbonilo que se logró observar a partir de los 10 días de exposición mediante el espectro obtenido por FTIR. Con el microscopio óptico y el SEM se visualizaron cambios en la superficie de las películas al presentar oscuridad. Los resultados muestran que el material experimenta cambios en su estructura molecular, debido a la formación de grupos vinilos, carbonilos e hidroxilos (-OH), que corresponden a los productos de biodegradación del polietileno.

### Introducción

Durante 60 años, desde la primera mitad del siglo XX el crecimiento de la producción de plástico ha sido exponencial. Las bolsas de plástico pueden estar hechas de polietileno de baja densidad, polietileno lineal, polietileno de alta densidad o de polipropileno, plásticos no biodegradables, con espesor variable entre 18 y 30 micrómetros.

El polietileno (PE) al igual que todos los demás plásticos posee una vida de alrededor de 1000 años y debido a que su velocidad de degradación o porcentaje de reciclaje es mucho menor que su producción y eventual desecho se genera su acumulación en ríos, mares y suelos, amenazando la diversidad biológica global, ya gravemente afectada.

De la cantidad de petróleo que se extrae en todo el mundo, el 5% se utiliza para la industria del plástico, hacer una bolsa de plástico tarda sólo unos segundos, se usa una o dos veces durante una semana y se tira. Menos del 1% de las bolsas se recicla. (Y Wiltz, J. ,2013).

Existe una economía detrás del reciclaje de las bolsas plásticas. Producir una tonelada de bolsas plásticas cuesta 4 mil dólares. Reciclar esa tonelada de plástico, 32 dólares. Es muy importante señalar que:

- Se tiran 8 mil millones de toneladas de plástico anualmente, las cuales van hacia los ríos, lagos y mares.
- Las bolsas de plástico tapan las cañerías, coladeras y alcantarillas.
- Se han encontrado bolsas plásticas en el círculo Ártico.

- Las bolsas de plástico representan el 10% de los desechos en las costas.
- Al degradarse se convierten en pequeños petro-polímeros sumamente tóxicos. Estas partículas entran a la cadena alimenticia con consecuencias catastróficas (Y Wiltz, J. ,2013).Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

### Sección Experimental

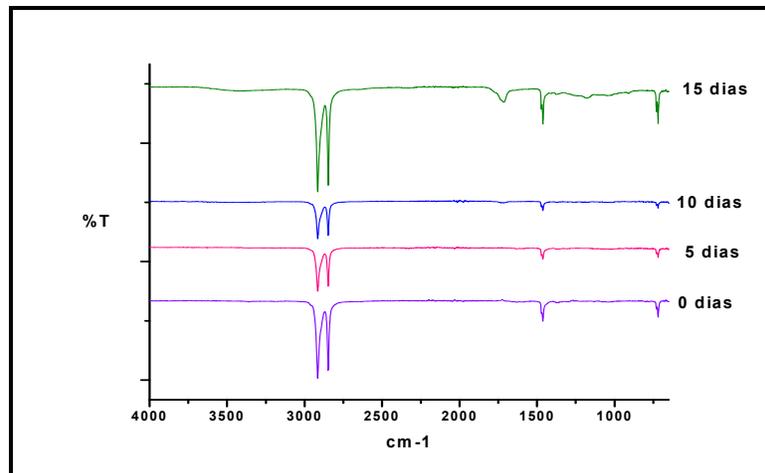
Se seleccionaron bolsas plásticas reportadas por el fabricante como polietileno de baja densidad, adquiriéndolas en un almacén de la empresa TELEFONOS DE MEXICO S.A.B. de C.V. Las muestras de polietileno se recortaron en películas de 10x1 cm y se pesaron obteniendo 5.176 g. Etiquetado de las películas, dónde: 0, 5, 10, 15= tiempo de exposición a rayos UV en días. Las probetas se sometieron a irradiación en una caja diseñada con un sistema de irradiación UV de 254 nm, en intervalos de tiempo 0, 5,10 y 15 días como se muestra en la Figura 1. Una vez terminado el tiempo de exposición se procedió a evaluar la degradación por las 4 diferentes técnicas, FTIR, SEM, Microscopia óptica).



Figura 1.- Películas en caja de radiación UV.

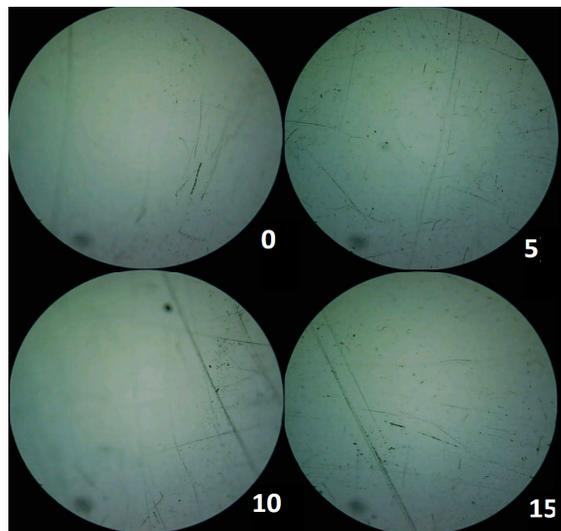
### Resultados y Discusión

En la Figura 2 se muestran los espectros FTIR de las películas de LDPE irradiadas. Las bandas de absorción en las regiones de 700-750  $\text{cm}^{-1}$  y 1415-1501  $\text{cm}^{-1}$  corresponden a la vibración de balanceo y aleteo del grupo metileno (-CH<sub>2</sub>-), respectivamente; estas bandas presentan una bifurcación debido a que el LDPE es un polímero ramificado. En la región de 2815-2985  $\text{cm}^{-1}$ , se presenta la vibración de estiramiento del enlace carbono-hidrógeno (-CH-) de la cadena principal. En la región de 840-1225  $\text{cm}^{-1}$  y de 1515-1807  $\text{cm}^{-1}$ , se presentan las bandas que corresponden a la vibración de estiramiento del grupo vinilo (-CH<sub>2</sub>=CH-) y del grupo carbonilo (-C=O), respectivamente. Lo que indica que el tratamiento por UV, está generando grupos funcionales cetonas y aldehídos como parte del proceso de oxidación, de acuerdo a lo reportado en trabajos previos (Acuña, 2017) donde evalúan el índice de carbonilos (CI).



**Figura 2.-** Espectros de las películas de LDPE a diferentes tiempos de irradiación UV.

A través del microscopio óptico con la magnificación 10x se observó la modificación en la estructura de las películas de LDPE expuestas a UV durante 0, 5, 10 y 15 días presentando líneas como lo muestra la Figura 3.



**Figura 3.-** Micrografías ópticas de las películas expuestas a radiación UV, 0, 5, 10 y 15 días de exposición a UV.

En las películas de polietileno sometidas a radiación UV no se notan diferencias a simple vista, excepto por un oscurecimiento del material y un aspecto quebradizo. En la Figura 4, se observa una ligera modificación superficial mediante el oscurecimiento producido durante la exposición a la radiación UV, lo cual se produjo posiblemente por la fotodegradación que sufrió el material.

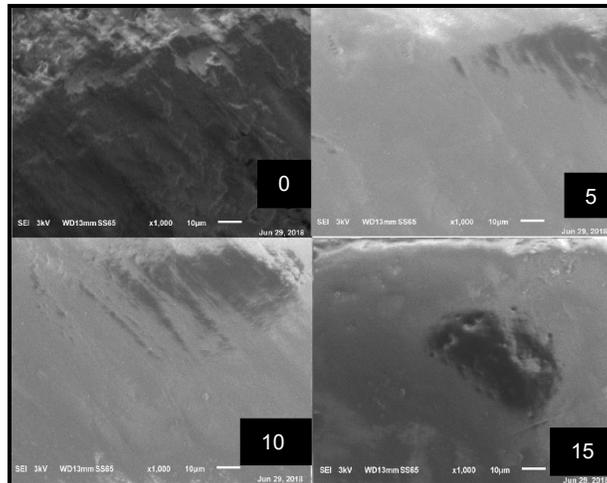


Figura 4.- Micrografías electrónicas de barrido a 1000X de las películas de LDPE a diferentes tiempos de radiación UV 0, 5, 10 y 15 días.

## Conclusiones

El tratamiento de foto-oxidación del material polimérico con radiación UV-B hace al LDPE más susceptible al ataque microbiano, debido a la formación grupos funcionales con dobles enlaces como son los grupos carbonilos, cetonas y vinilos.

El ensanchamiento de las bandas de carbonilos y vinilos fue más notorio cuando se expuso durante 15 días a la radiación UV, lo cual indica que la foto-oxidación, es una técnica apropiada para reducir la presencia de LDPE en su disposición final.

## Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para el desarrollo de este proyecto, Clave de registro: **6863.18-P**

Al TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, especialmente a la División de Estudios de Posgrado e Investigación.

## Referencias

1. Vargas, M. F. (2013). Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en el humus de lombriz, caballo y gallina. Sngolquí, Ecuador.
2. Wiltz, Y J. (2013). Datos sobre la contaminación producidas por las bolsas de plásticos. México: La jornada ecologica.
3. Molina, N. R. (2017). Revision bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en el material. 21.
4. Shaid, M. (2018). Bodegradation of plastics: current scenario and future prospects for enviromental safety. *ResearchGate*.
5. Manika Sharma, P.S. (2015). Microbial Degradation of Plastics-A Brief Review. *CBTech Journal of Microbiology*.

## OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE PCL/MWCNT/NHA POR IMPRESIÓN 3D.

E. Silva-Beltran<sup>2</sup>, A.M. Salgado-Delgado<sup>1</sup>, W. N. Hernández Díaz <sup>1</sup>, R. Salgado-Delgado<sup>1,2</sup>, Z. Vargas-Galarza<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-[amsd\\_2303@hotmail.com](mailto:amsd_2303@hotmail.com), <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-[renesalgado@hotmail.com](mailto:renesalgado@hotmail.com).

*Área de participación: materiales poliméricos.*

**Resumen:** En el presente trabajo se muestran los resultados de la investigación en obtención y caracterización de un material compuesto de PCL/MWCNT/nHA por impresión 3D. se estableció el proceso impresión más adecuado en el campo de estos biomateriales compuestos. Los resultados de caracterizaciones de estiramiento mecánico demuestran que la PCL sola es muy elástica pero al agregar la carga de nHA sus propiedades mecánicas son deficientes y al agregar la otra carga MWCNT sus propiedades mejoran un poco. De igual forma en el análisis espectroscópico FTIR se observa la presencia de grupos funcionales de la PCL así como los grupos funcionales de la nHA además de observar grupos funcionales en materiales compuestos de PCL/nHA y PCL/nHA/MWCNT y La microscopia electrónica de barrido demuestra la morfología de los materiales de PCL PCL/nHA y PCL/nHA/MWCNT. Para observar la bioactividad de los materiales compuestos se realizara análisis SBF a las muestras a diferentes cantidades de nHA.

### Introducción

Actualmente la creación de objetos físicos 3D por fabricación aditiva (AM) por sus siglas en inglés (additive manufacturing), es una tecnología de punta que está actualmente ganando más y más atención. Esto se debe a la variedad de aplicaciones propuestas en varios campos que van desde arquitectura hasta ingeniería, en el desarrollo de productos con aplicaciones en biomedicina. En el campo biomédico la (AM) ha surgido muy rápidamente como una herramienta eficiente para la creación de prototipos de componentes que se pueden configurar en formas complejas [1-4].

Esta posibilidad no solo está siendo explotada usando una variedad de procesos basados en AM para las aplicaciones actuales, sino también para visualizar una serie de aplicaciones prácticamente indispensables en futuras tecnologías de fabricación. Uno de los campos que ha sido revolucionado por el advenimiento de la tecnología 3D es la de la medicina regenerativa, en particular de la rama de la investigación dedicada a la ingeniería de tejidos, que necesitan soportes específicos (injertos, andamios) y sustratos biológicos para su crecimiento. En este contexto, la viabilidad ofrecida por las tecnologías 3D para diseñar soportes con formas definidas es resultando de sistemas con propiedades mejoradas para la regeneración de células y tejidos [1-4].

El desarrollo de sustratos biológicos, que mejoran y mantienen las funciones de tejido, va junto con la tarea de obtener andamio para Ingeniería de tejidos. La mayoría de los tejidos no pueden regenerarse, especialmente cuando ocurre un daño profundo en ausencia de un andamio capaz de promover y controlar la adhesión celular, la migración, la diferenciación y la proliferación. Para permitir el crecimiento celular, el armazón debe imitar la estructura tridimensional de una matriz extracelular, que ofrece un complejo microambiente altamente estructurado. [1-4].

Desde la antigüedad los seres humanos han utilizado polímeros de origen natural para satisfacer algunas de sus necesidades. El asfalto era empleado en el medio oriente en tiempos bíblicos y el algodón era conocido en México antes de la llegada de Colón. También en épocas precolombinas el látex era conocido por algunos pueblos americanos y los mayas lo empleaban para fabricar pelotas para jugar. Colón y otros exploradores que visitaron este continente quedaron fascinados con este material y llevaron a Europa muestras de este material. Al látex le encontraron algunas aplicaciones, donde las más importantes fueron realizadas luego del descubrimiento del proceso de vulcanización. Este descubrimiento fue logrado de forma accidental por el norteamericano Charles Goodyear en 1839 y dio origen a la industria del caucho [5].

En el mismo siglo XIX hubo otros descubrimientos importantes como el de la nitrocelulosa en 1846 por Christian Schönbein que también se logró accidentalmente. En el mismo año se descubrió el colodión, material a partir del cual se pudo obtener el celuloide en 1860 y que permitió la fabricación de peines y películas fotográficas entre otras cosas. A partir del celuloide, se fabricaron las primeras bolas de billar en 1869, y en 1875 Alfred Nobel descubre la dinamita [5].

Ya en el siglo XX, Leo Baekeland descubre en 1907 una resina termoestable preparada por reacción entre el fenol y formaldehído a la que denominó bakelita inspirándose en su propio nombre. El éxito de este investigador sirvió de estímulo a otros en la búsqueda de nuevos materiales. Sin embargo, para entonces no se conocía la verdadera naturaleza de los polímeros y se creía que estos eran agregados moleculares de muchas moléculas pequeñas y sus propiedades se atribuían a diversas fuerzas atractivas que mantenían unidos a sus componentes. El concepto de polímero, tal y como lo conocemos en la actualidad se debe a Staudinger cuando en 1920 introdujo por primera vez la idea de una cadena macromolecular constituida por enlaces covalentes. En reconocimiento a su trabajo Staudinger recibió el premio Nobel en 1953 [5].

En la década de los 30 gracias a los esfuerzos del químico de la Du Pont Wallace Hume Carothers se obtiene la primera fibra sintética, una poliamida sintética denominada Nylon. Este descubrimiento abrió el camino para la síntesis de muchas otras. Por su parte, Bayer en Alemania hacía avances significativos en el campo de los poliuretanos. En esos años también se descubrió el teflón y el poli metacrilato de metilo [5].

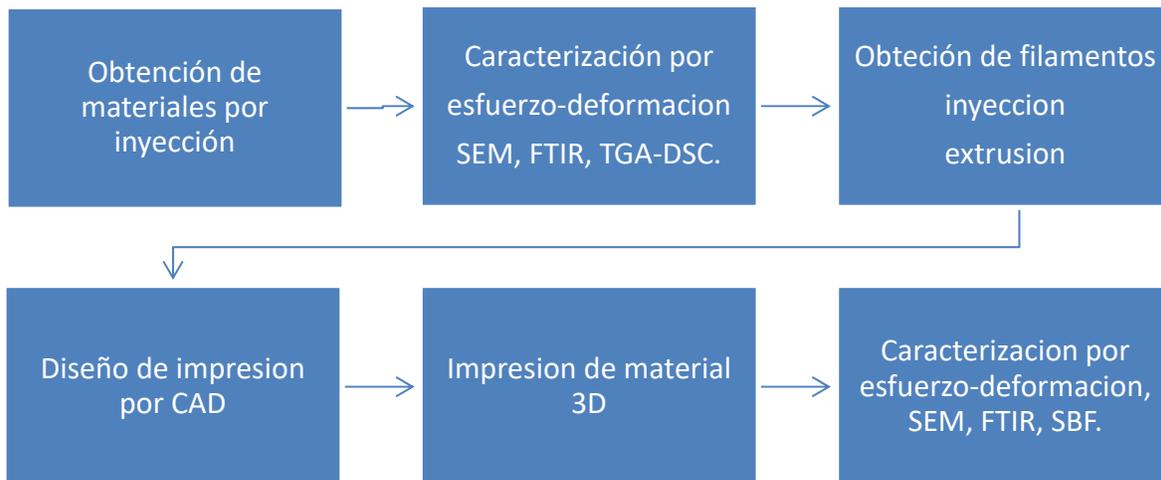
En 1955 gracias a los trabajos combinados de Karl Ziegler y Giulio Natta se obtuvo un polipropileno cristalino y surgió el concepto de estereorregularidad que les valió

la concesión del premio Nobel en 1955. Posteriormente las brillantes investigaciones de otro destacado científico, Paul J. Flory, también le hicieron acreedor del premio Nobel en 1974. A partir de entonces el desarrollo de nuevas tecnologías, materiales y aplicaciones de los polímeros ha sido explosiva [5].

Resumir las aplicaciones actuales de los polímeros resulta una tarea casi imposible. En el mundo contemporáneo, los polímeros sintéticos han copado todos los ámbitos del desarrollo y la elaboración de productos manufacturados, sustituyendo materiales usados tradicionalmente, tales como la madera, metales y materiales cerámicos. Así, por ejemplo estos materiales encuentran aplicación en campos tan diversos como la medicina (donde se emplean como prótesis, válvulas cardíacas entre otras muchas aplicaciones), ingeniería (partes de vehículos y de computadores, tableros, y cientos de aplicaciones más), Agricultura, etc. Los polímeros también se utilizan en los deportes (pelotas, cascos, raquetas...) y en objetos de uso diario, como recipientes y utensilios de todo tipo. Solo basta con mirar a nuestro alrededor para darnos cuenta que estamos sumergidos en un mundo lleno de materiales poliméricos. El uso y aplicaciones de estos materiales crece cada día, por lo que se hace muy importante conocer estos materiales lo mejor posible, no solo por las ventajas que nos ofrecen, sino también por los inconvenientes que causan debido a su acumulación cuando ya no nos son útiles [5].

### Sección Experimental

Para la obtención de los materiales compuestos se lleva a cabo la metodología que se observa en la Figura 1.



**Figura 1.-** Diagrama de metodología para la obtención de materiales PCL/MWNTC/nHA.

Para la obtención de los materiales compuestos se utiliza como matriz polimérica la policaprolactona (PCL, CAS No. 24980-41-4) con un peso promedio de  $M_n$  80,000 g/mol densidad 1145 g/mL a 25°C en forma de pellets de 3 mm. Nanotubos de carbono de multipared (MWNTC, CAS No. 308068-56-6) 90%, D x L 110-170 nm x

5-9 micrómetros y Hidroxiapatita en nano polvo (nHA, CAS No. 12167-74-7) tamaño de partícula 200> nm 97% sintética, de Sigma Aldrich.

Se prepararon mezclas de acuerdo a los componentes que se mencionan en la tabla.1, (matriz de trabajo), teniendo como variables las cargas manométricas (nHA y MWCNT).

**Tabla 1.-** Matriz de Trabajo.

<b>CLAVE</b>	<b>PCL (g)</b>	<b>nHA (g)</b>	<b>MWCNT (g)</b>
<b>M1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>M2</b>	<b>0.9</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>
<b>M3</b>	<b>0.9</b>	<b>0</b>	<b>0.10</b>
<b>M4</b>	<b>0.9</b>	<b>0</b>	<b>0.15</b>
<b>M4</b>	<b>0.9</b>	<b>0.05</b>	<b>0</b>
<b>M5</b>	<b>0.9</b>	<b>0.10</b>	<b>0</b>
<b>M6</b>	<b>0.9</b>	<b>0.15</b>	<b>0</b>
<b>M7</b>	<b>0.9</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<b>M8</b>	<b>0.9</b>	<b>0.15</b>	<b>0.05</b>
<b>M9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.05</b>	<b>0.15</b>

### **Obtención del material por 3D**

#### 1. Obtención del filamento.

Para la obtención del filamento primero se depositó el polímero y la carga para su mezclado en un eyectora (en el caso de la matriz pura esto no fue necesario ya que la inyectora solo se usó para mezclar) se dejó en el molde 100°C y por 5 minutos 300 rpm. Un vez obtenido el material compuesto se depositó en un extrusor para generar el filamento los parámetros de la extrusora son de 70 °C en su primera zona de calentamiento en la boquilla.

#### 2. Diseño en el programa.

Mediante un software de CAD se obtiene la forma deseada del andamios en este caso se optó por la forma de hueso.

#### 3. Obtención de los parámetros de la impresora 3D.

Para la impresión del material se utilizó una impresora 3D marca minifab 3D. Se ajustó a una temperatura de boquilla de 200°C en la cama una temperatura de 50 °C y una velocidad de 25 mm/s. Se deposita la mezcla de polímero en la impresora 3D la cual ya tendrá una geometría prediseñada para dar forma al material impreso. La impresión se generó capa por capa.

Una vez obtenido el material se procederá a su caracterización.

## Caracterización

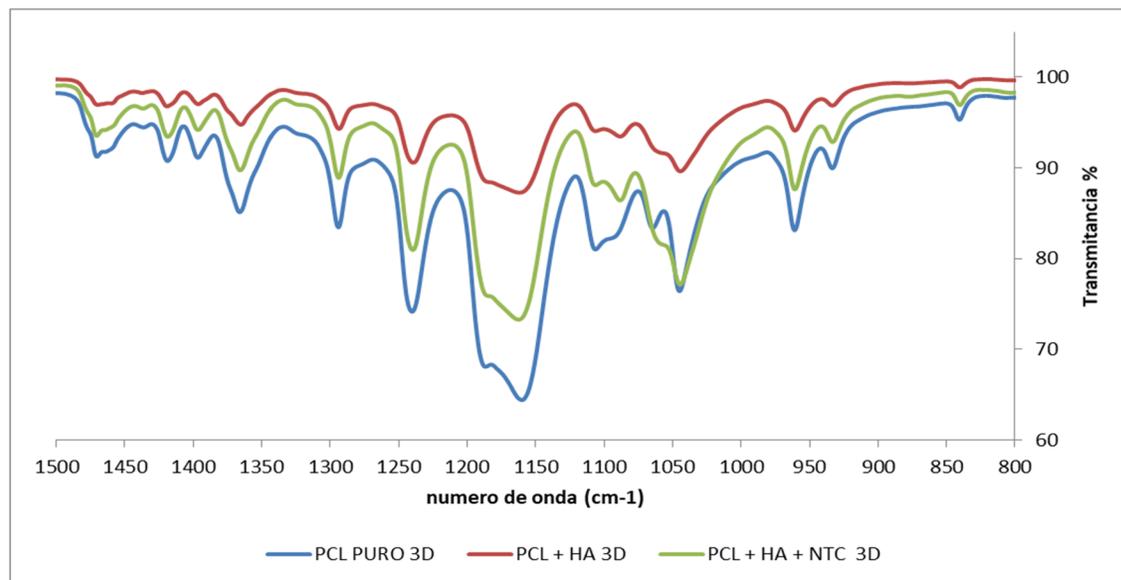
Para la Caracterización se emplearán los siguientes equipos.

La caracterización de FTIR se hizo mediante un espectrómetro marca perkin Elmer spectrum two software spectrum.

Las micrografías se obtendrán en un microscopio electrónico de barrido marca JEOL JSM modelo 6010A.

Para las mediciones mecánicas se usó una Máquina universal marca Instron modelo 3345.

## Resultados y Discusión.

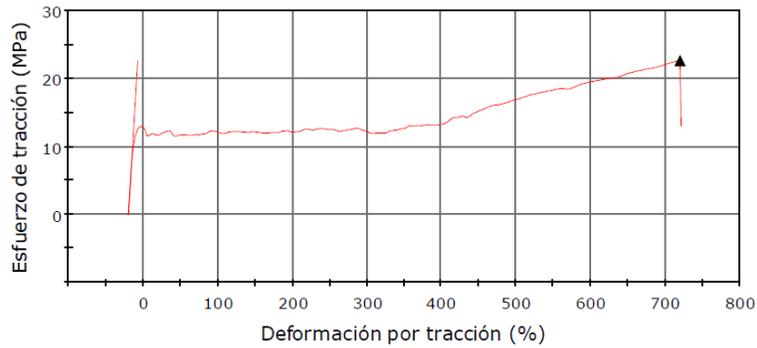


**Figura. 2.-** Comparación de espectros FTIR de compuestos PCL, PCL/nHA y PCL/nHA/MWCNT.

En la Figura 2 se compararon espectros de la PCL pura y PCL con cargas de nHA y nHA/MWCNT donde se puede observar que las señales son iguales pero se observa que hay cambios en el rango de  $1150 - 1044 \text{ cm}^{-1}$ . Esto puede decir que hay presencia de nHA ya que este rango la nHA presenta sus principales grupos de ( $PO_4^{3-}$ ).

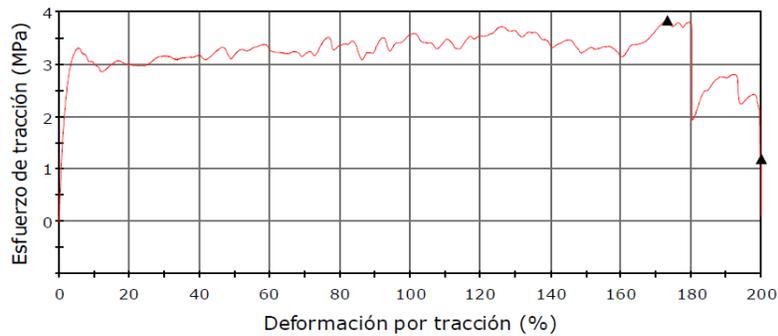
## ANÁLISIS MECÁNICO

### PRUEBA DE TENSION ELONGACION



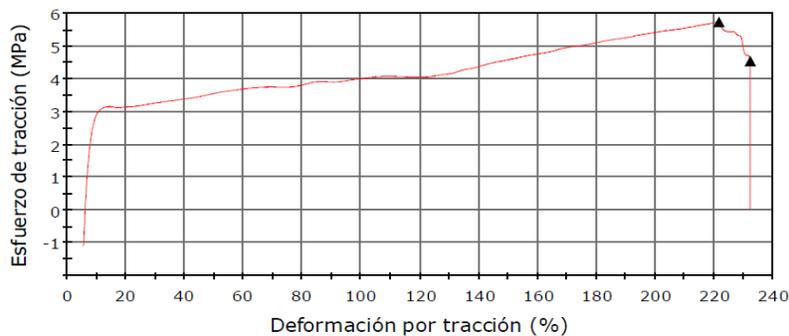
**Figura. 3.-** Gráfica de esfuerzo-deformación de PCL pura.

### TENSION ELONGACION EN PELICULAS



**Figura. 4.-** Gráfica de esfuerzo-deformación de PCL/nHA

### TENSION ELONGACION EN PELICULAS



**Figura. 5.-** Gráficas de esfuerzo-deformación de PCL/MWCNT.

## Conclusiones

Se logró obtener materiales compuestos de PCL, PCL/nHA, PCL/MWCNT, PCL/nHA/MWCNT por el método AM de impresión 3D. Este proyecto se dividió en 2 etapas en la primera se obtuvieron materiales compuestos por inyección y en la segunda etapa por impresión 3D.

Se observó que las muestras de la etapa 2 presentan una mejor dispersión, esto se evidencia en las micrografías en donde se apreció una homogeneidad superior a las muestras de la etapa 1. Los análisis FTIR demostraron los grupos funcionales de la matriz y las cargas así como la adición de grupos de las cargas a la matriz en muestras de materiales compuestos (matriz polimérica con cargas).

Los análisis mecánicas demostraron que la PCL pura es elástica y esto se complementa con la literatura pero al agregar el cerámico (nHA) sus propiedades decrecen y al agregar los MWCNT sus propiedades aumentan un poco pero no al grado de la PCL pura.

Los análisis in vitro demuestran la adherencia y la bioactividad que se genera en la superficie del compuesto, se destacó más en los materiales que tiene nHA además de observar que a mayor cantidad e nHA hay mayor respuesta de bioactividad. cabe mencionar que las muestras no presentaron crecimiento de apatita en toda su superficie esto quizás se deba a que las muestras no estuvieron el suficiente tiempo en la solución SBF para poder generar el crecimiento en toda la superficie.

## Referencias

1. G.C. Reilly, A.J. Engler, Intrinsic extracellularmatrix properties regulate stem cell differentiation, *J. Biomech.* 43 (1) (2010) 55–62.
2. J.D. Kiang, J.H.Wen, J.C. del Alamo, A.J. Engler, Dynamic and reversible surface topography influences cell morphology, *J. Biomed. Mater. Res. A* 101A (8) (2013) 2313–2321.
3. Vozzi, A. Previti, D. De Rossi, A. Ahuwalia, Microsyringe based deposition of 2D and 3D polymer scaffolds with well-defined geometry for application to tissue engineering, *Tissue Eng.* 8 (6) (2002) 1089–1098.
4. L.E. Freed, G. Vunjak-Novakovic, R.J. Biron, D.B. Eagles, D.C. Lesnoy, S.K. Barlow, R.S. Langer, Biodegradable polymer scaffolds for tissue engineering, *Biotechnology* 12 (7) (1994) 689–693.
5. Lopez carrasquero F. (2004) fundamentos de polímeros. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Venezuela.

# OBTENCIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE POLIESTIRENO EXPANDIDO REFORZADO CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA CON TRATAMIENTO ALCALINO

R. E. Castañeda-Lozano<sup>1</sup>, R.C. Cárdenas-Valdez<sup>1,2</sup>, E. García-Hernández<sup>2</sup>, H. Alonso-Jimenez<sup>1</sup>, A. Salgado-Delgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, IT de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec, Morelos, C.P. 62780, MÉXICO  
[recl.910430@gmail.com](mailto:recl.910430@gmail.com), [roberto.cv@itzacatepec.edu.mx](mailto:roberto.cv@itzacatepec.edu.mx), [edgar.gh@itzacatepec.edu.mx](mailto:edgar.gh@itzacatepec.edu.mx),  
[areli.sd@itzacatepec.edu.mx](mailto:areli.sd@itzacatepec.edu.mx). <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, IT de Zacatepec, [homero.aj@itzacatepec.edu.mx](mailto:homero.aj@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Materiales Poliméricos*

**Resumen:** Es de resaltar que el EPS, por su composición y su origen derivado del petróleo, es un residuo de alto valor, relativamente fácil de recuperar y abundante. Paradójicamente no ha sido objeto de una recolección selectiva y la mayoría del que se ha recuperado procede de las plantas de tratamiento de residuos domésticos. (Peña C., 2013). El uso de las fibras naturales ha despertado un interés creciente en los investigadores por dos razones, la primera se debe al incremento en las propiedades mecánicas que le proporciona la celulosa y la segunda, es debido a los beneficios ecológicos y valor agregado al utilizar excedente como es el caso del bagazo de caña. En el presente trabajo se describe el proceso de obtención y caracterización de los materiales compuestos, los cuales fueron obtenidos variando la proporción en peso de EPS/Fibra Natural en los porcentajes de 30/70, 40/60 y 50/50. La fibra natural fue tratada químicamente por medio de un método alcalino en una solución acuosa con Hidróxido de sodio (NaOH) al 6%. Se caracterizó la fibra natural después del proceso alcalino por medio de Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR). Posteriormente se caracterizaron de los materiales compuestos por medio del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) para comprobar si existe una buena interacción entre el EPS y la fibra natural.

## Introducción

Datos de la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) arrojan que del volumen total de residuos sólidos urbanos (RSU) reciclados, el porcentaje más alto corresponde a papel, cartón y productos de papel en un 42.2%, seguido por vidrio con 28.6%, metales con 27.8% y plásticos solamente con el 1.2%. Del 100% de sólidos producidos, los metales tienen la más alta proporción de material reciclado, 39% del total de metales generados, el vidrio 23.5% y el papel 14.7%. De los plásticos solo se recicla alrededor del 0.5%. (INECC, 2012)

Existe una tendencia a través del tiempo donde los materiales convencionales han sido remplazados por el desarrollo de materiales compuestos de matriz polimérica y polímeros funcionales. Hoy en día el uso de las fibras y material articulado se ha posicionado como un eficiente método de refuerzo con altos módulos de elasticidad y resistencia mecánica. (Caicedo, Vazquez Arce, Crespo, de la Cruz, & Ossa, 2015)

La utilización de desechos de la actividad agroindustrial, permite elaborar materiales compuestos con propiedades adecuadas a las aplicaciones en la industria de la construcción. De igual forma, el material adquiere características de ser potencialmente biodegradable, y se da un uso más adecuado a los materiales considerados como residuos. (Martinez Culchac et al., 2016)

Se estima que cada tonelada de caña de azúcar produce 34% de bagazo y 3.5% de cachaza. Considerando que se muelen a nivel nacional 30 millones de toneladas de caña, se producen anualmente 10 millones de toneladas de bagazo y un millón de cachaza. En el caso del bagazo de caña de azúcar, actualmente se utiliza en un 50% aproximadamente como combustible y en la fabricación de papel, por lo que debe buscarse el aprovechamiento de cuando menos 5 millones de ton. Es oportuno aclarar que de los usos alternativos del bagazo, es el industrial el más redituable, sin embargo, actualmente no puede aprovecharse en esta forma en su totalidad. (INEGI, 1998)

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

De lo reportado por Cardozo, 2017; la fibra debe ser inicialmente lavada para retirar impurezas y secada a temperatura ambiente. (Cardozo Arrieta, Briceño Rojas, Mendoza Quiroga, Marquez Santos, & Peluffo Martinez, 2017)

Mediante un análisis de granulometría en 500g de bagazo de caña, mediante la utilización de tamices de distintas medidas por intervalos de 7 min (Salgado Delgado et al., 2010), se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 1 por lo cual se utilizaron las malla 30 y 40 para la elaboración de los materiales.

**Tabla 1.- Análisis granulométrico**

Matiz	Peso
<b>Malla 30</b>	210.17 g
<b>Malla 40</b>	223.48 g
<b>Malla 50</b>	54.75 g
<b>Residuo</b>	11.6 g

Posteriormente se procedió a realizar el tratamiento alcalino, el cual es uno de los métodos químicos más utilizados (elimina lignina, cera y aceites que cubren la superficie externa de la celda de fibra) para fibras naturales cuando se usa para reforzar termoplásticos y termoestables (Faruk, Bledzki, Fink, & Sain, 2012), se sumergieron 50 g de la fibra natural en 1L de una solución acuosa de NaOH al 6% p/v, durante 120 min con agitación a una velocidad media. Al finalizar las muestras fueron neutralizadas con una solución acuosa de HCl al 6% v/v en y se lavaron con abundante agua de garrafón e introducida a la estufa marca "Riossa" modelo "HCF-62-D" para ser secadas a una temperatura de 70°C durante 24 h hasta alcanzar un peso constante.

Para observar los cambios morfológicos provocados a la superficie del bagazo de caña por el tratamiento alcalino se utilizó un microscopio electrónico de barrido modelo JEOL, JSM-5600LV.

El EPS disuelto se mezcla con Thinner durante unos minutos para obtener una pasta suave con una relación de masa definido de la siguiente manera:

$$\frac{m_{Thinner}}{m_{Polystirene}} = 3$$

Donde  $m_{\text{Thinner}}$  es la masa de Thinner y  $m_{\text{polystirene}}$  es la masa del EPS. (Masri, Ounis, Sedira, Kaci, & Benchabane, 2018)

Las concentraciones que se utilizaron para elaborar las probetas del material compuesto se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.- Composición final del material compuesto.**

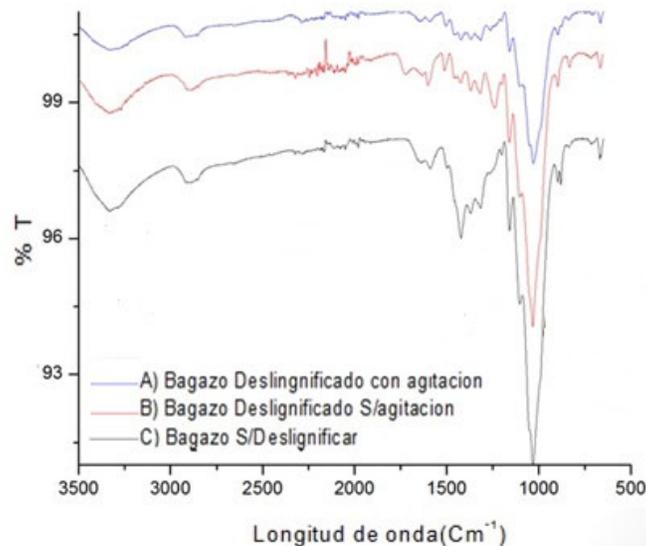
Matriz	Fibra de Bagazo de Caña
EPS 30%	FB 70% - EPS 30%
EPS 40%	FB 60% - EPS 40%
EPS 50%	FB 50% - EPS 50%

La concentración inicial con las que se fabricaron las probetas del material compuesto fue de 50% EPS y 50% Bagazo de Caña sometidas a un prensado de 10 bar y un secado en el horno a 70°C durante 24h para eliminar la presencia del solvente. Posteriormente se prepararon las probetas con 30% EPS y 70% Bagazo de Caña, y por último las probetas con 40% EPS y 60% Bagazo de Caña.

## Resultados y Discusión

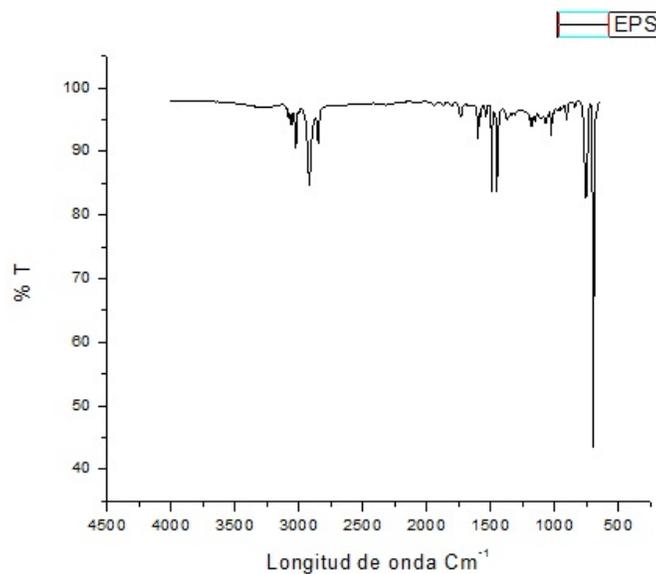
Al término del tratamiento químico y del lavado y secado de las fibras naturales. Estas fueron sometidas a pruebas de FTIR, para conocer los grupos funcionales que están presentes en ellas, así como micrografías en el SEM para observar si con dicho tratamiento existe un cambio en la superficie de la fibra.

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos de estas pruebas en donde el espectro "B" es de la fibra de bagazo de caña sin recibir ningún tratamiento químico, el espectro "C" es la fibra de bagazo de caña después de haber recibido el tratamiento químico y puesta a secar a temperatura ambiente durante 24 h, el espectro "D" es la fibra de bagazo después de haber recibido tratamiento químico con agitación durante los 120 min que dura la fibra sumergida en el NaOH y puesta a secar a 70°C durante 24 h. También se observa que el tratamiento alcalino modifica la superficie de la celulosa de la fibra de bagazo de caña, ya que con este tratamiento desaparece la señal de 1700-1756  $\text{cm}^{-1}$  que corresponde al estiramiento del C=O presente en la lignina y también disminuye a señal de estiramiento del C=C (1600  $\text{cm}^{-1}$ ) correspondiente al anillo aromático presente en la lignina. Además, se observa un ensanchamiento en las señales del modo vibracional del O-H (3200-3700  $\text{cm}^{-1}$ ) debido a evidencia de un mayor número de tipo de grupos hidroxilos expuestos por el tratamiento.



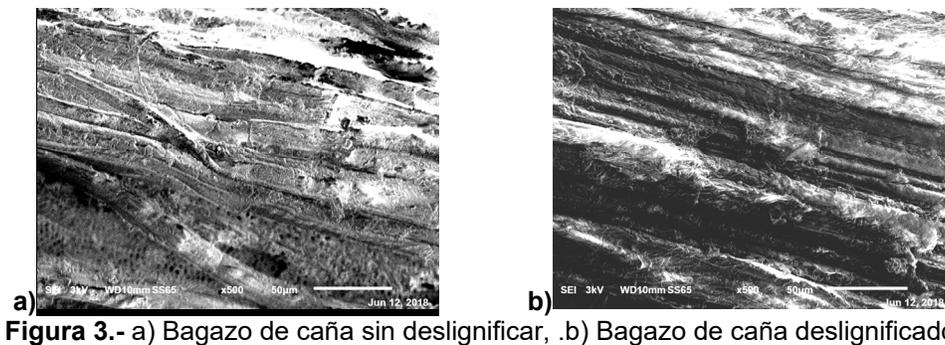
**Figura 1.- FTIR Bagazo de Caña.**

En la Figura 2 se observa el espectro obtenido de una muestra de EPS donde se observa los grupos funcionales en las regiones de estiramiento del C=C (1600  $\text{cm}^{-1}$ ) correspondiente al anillo aromático, flexión de los H en el anillo aromático (700-800  $\text{cm}^{-1}$ ), flexión de tijera del  $\text{CH}_2$  (1400-1500  $\text{cm}^{-1}$ ), la señal del estiramiento simétrico y asimétrico del  $\text{CH}_2$  (2900  $\text{cm}^{-1}$ ).



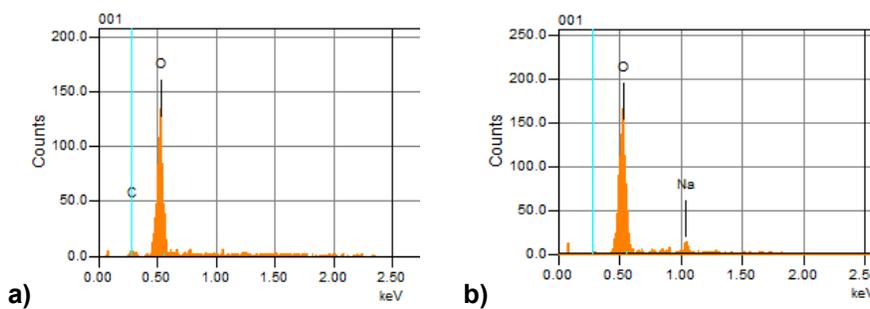
**Figura 2.- FTIR Poliestireno Expandido.**

En la Figura 3 se observa a la fibra de bagazo de caña antes de recibir tratamiento químico con NaOH, con agitación durante 120 min y secado en la estufa a 70°C por 24 h. Morfológicamente se observa un cambio en la superficie de la fibra la cual antes de ser sometida al tratamiento alcalino se observa que presenta una capa en la superficie misma que después de recibir el tratamiento químico la fibra es retirada casi en su totalidad lo cual nos ayudará a crear amarres mecánicos con el EPS.



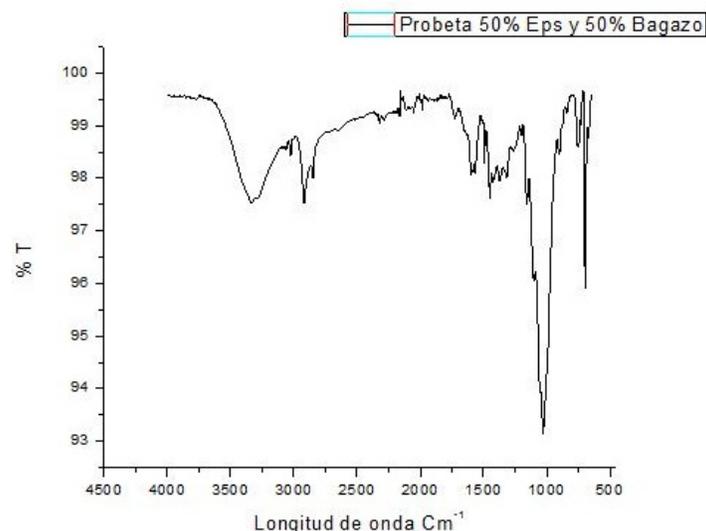
**Figura 3.-** a) Bagazo de caña sin deslignificar, .b) Bagazo de caña deslignificado.

En las Figura 4 se compara mediante el análisis EDS de las concentraciones de los componentes químicos existentes en la fibra de bagazo de caña se puede observar claramente una mayor concentración de oxígeno de la fibra, y de sodio debido a que los residuos del tratamiento químico mediante el NaOH.



**Figura 4.-** Análisis EDS de la fibra de caña: a) sin tratamiento y b) con tratamiento.

En la Figura 5 se muestra el espectrograma del material compuesto con una concentración de 50% fibra de bagazo de caña y 50% EPS, donde podemos observar grupos funcionales en las regiones pertenecientes a la fibra natural y EPS mencionadas anteriormente. En la Figura 6 se observa la probeta del material compuesto con la concentración antes mencionada.

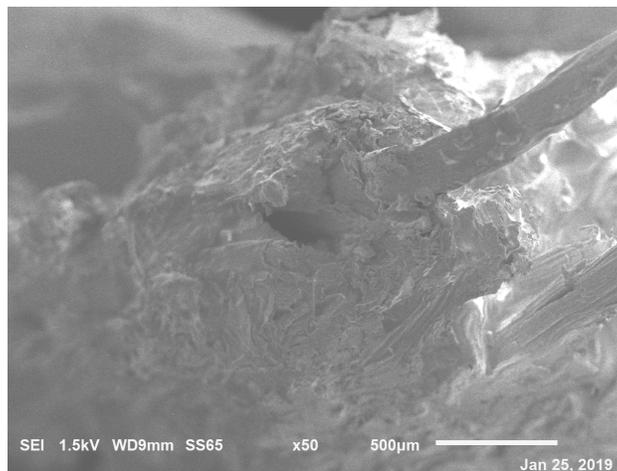


**Figura 5.-** FTIR PROBETA 50/50.



**Figura 6.-** Probeta 50/50.

En la Figura 7 se muestra la micrografía del material compuesto con la concentración antes mencionada y en la cual podemos observar que existe una buena interacción entre la fibra natural y el polímero, ya que se visualiza de manera clara como la fibra está recubierta por el EPS, esto nos demuestra que el tratamiento químico al retirar la lignina de la fibra de bagazo de caña nos ayudó a que exista una buena interacción de las dos partes.



**Figura 7.-** Micrografía del material compuesto.

## Conclusiones

Por medio de la comparativa realizada en los análisis de FTIR se demostró que el tratamiento alcalino modifica la superficie de las fibras naturales reduciendo la cantidad de lignina, además de que la metodología planteada con agitación durante el proceso alcalino y secado en estufa tiene mejores resultados que la metodología donde estos procesos no se realizan. Por medio de SEM se puede corroborar lo anterior ya que las fibras que fueron tratadas presentan una mayor rugosidad sobre su superficie que las que no recibieron dicho tratamiento alcalino, esta rugosidad permite una interacción adecuada con el poliestireno.

Así mismo los espectros de FTIR realizados al material compuesto exponen una presencia de ambos componentes (fibra natural y EPS) lo cual es comprobable por medio de las micrografías ya que en ellas se observa la interacción que llevan a cabo ambas partes, corroborando que el tratamiento alcalino ayudó a que esta se lleve a cabo.

## Referencias

1. Caicedo, C., Vazquez Arce, A., Crespo, L. M., de la Cruz, H., & Ossa, O. H. (2015). Material compuesto de matriz polipropileno ( PP ) y fibra de cedro : influencia del compatibilizante PP-g-MA. *Informador Tecnico (Colombia)*, 79(2) juli, 118–126.
2. Cardozo Arrieta, B., Briceño Rojas, J., Mendoza Quiroga, R., Marquez Santos, M., & Peluffo Martinez, G. (2017). Fabricación de paneles laminados en materiales compuestos reforzados con fibra natural de coco para su aplicación en embarcaciones navales. *Memorias III Seminario Internacional de Ciencias Ambientales SUE-Caribe*, 155–158.
3. Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. *Progress in Polymer Science*, 37(11), 1552–1596. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
4. INECC. (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*, 51. Retrieved from [http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcnica/diagnostico\\_basico\\_extenso\\_2012.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcnica/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf)
5. INEGI. (1998). Analisis a nivel nacional de la produccion de caña de azucar.
6. Martinez Culchac, E., Mosquera, J. S., Ospina, K. S., Castro, A. C., Rivera, E., & Gonzalez, J. M. (2016). Obtencion de un compuesto polimérico a partir de polipropileno reforzado con fibras del bagazo de la caña de azucar.
7. Masri, T., Ounis, H., Sedira, L., Kaci, A., & Benchabane, A. (2018). Characterization of new composite material based on date palm leaflets and expanded polystyrene wastes. *Construction and Building Materials*, 164, 410–418. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.197>
8. Peña C. (2013). Reciclaje termo -mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios, 46. Retrieved from <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/762/1/TESIS CARLOS QUINTERO.pdf>
9. Salgado Delgado, R., Coria Cortés, L., García Hernández, E., Galarza Vargas, Z., Rubio Rosas, E., & Crispín Espino, I. (2010). Elaboración de Materiales Reforzados con Carácter Biodegradable a partir de Polietileno de Baja Densidad y Bagazo de Caña Modificado. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(7), 520–531.

# EVALUACIÓN ELECTROQUÍMICA DEL COMPUESTO QUITOSANO-POLIPIRROL-NANOPARTÍCULAS DE SiO<sub>2</sub> COMO RECUBRIMIENTO PROTECTOR CONTRA LA CORROSIÓN

D. López-Domínguez<sup>1</sup>, C.D. Arrieta-González<sup>1</sup>, E. González-Juárez<sup>2</sup>, E. García-Hernández<sup>1</sup> y I.E. Castañeda-Robles<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), División de Estudios de Posgrado e Investigación; Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec de Hidalgo, Morelos, México; C.P. 62780 – [ing.daniell@gmail.com](mailto:ing.daniell@gmail.com), [edgar.gh@itzacatepec.edu.mx](mailto:edgar.gh@itzacatepec.edu.mx), [cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx](mailto:cinthya.ag@itzacatepec.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Nuevo León, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Químicas – [edgar.gonzalez@uaem.mx](mailto:edgar.gonzalez@uaem.mx)

<sup>3</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura - [ivan\\_castaneda@uaeh.edu.mx](mailto:ivan_castaneda@uaeh.edu.mx)

*Área de participación: Materiales Poliméricos*

**Resumen:** Se evaluó el desempeño del compuesto de quitosano-polipirrol-nanopartículas de SiO<sub>2</sub> como recubrimiento contra la corrosión del acero al carbono en un ambiente corrosivo acuoso de 0.5 M de NaCl mediante ensayos de polarización potenciodinámica. El compuesto se obtuvo por polimerización oxidativa del pirrol en una solución de quitosano con la adición de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> de 7 y 14 nm, el cual fue depositado sobre el sustrato empleando la técnica “drop coating”. El compuesto fue caracterizado por FTIR mostrando la interacción entre el polipirrol y el quitosano. El comportamiento protector se evaluó empleando quitosano de bajo, medio y alto peso molecular, para estudiar su efecto sobre la resistencia a la corrosión. Las pruebas de polarización potenciodinámica indican que el acero al carbono con la aplicación del compuesto tiende a incrementar su potencial de corrosión exhibiendo un comportamiento más noble y resistente a la corrosión.

## Introducción

En la naturaleza, los metales se suelen encontrar formando compuestos como sulfuros, óxidos, carbonatos, etc. Únicamente los metales que se conocen como “nobles” aparecen en estado puro y para conseguir que los primeros se puedan usar en su forma elemental se necesita que sean sometidos a un proceso de reducción, para lo cual es necesario aportar cierta cantidad de energía, es decir, aumentar su energía de Gibbs. De esta manera, el metal tiende a perder este aumento de energía para volver a su estado termodinámico más estable. Este proceso del material de recobrar su estado natural se conoce como corrosión y representa la conversión progresiva del metal en sus formas combinadas [1].

La corrosión origina el deterioro de la superficie de los metales, lo que se traduce en una reducción de la resistencia que depende del medio en el que se encuentra el material y de la composición del mismo. La protección superficial de los materiales contra la corrosión mediante la aplicación de recubrimientos o películas protectoras ha tenido un enorme desarrollo. Dichos recubrimientos actúan como una barrera frente a la difusión de los agentes oxidantes, aislando el metal y evitando su acumulación sobre la superficie [1]. Sin embargo, algunos problemas serios podrían presentarse en su uso práctico, debido a la variedad y complejidad de ambientes corrosivos. Esto favorece a los estudios que apuntan a desarrollar recubrimientos de una mejor calidad para usos anticorrosivos [2]. Nos enfocaremos particularmente

en el estudio de los recubrimientos de materiales compuestos, los cuales presentan características específicas y surgen de la necesidad de obtener propiedades que difícilmente se encuentren en los materiales cerámicos, plásticos o los metales. Los materiales compuestos son materiales con múltiples fases que conservan parcialmente las propiedades de sus sistemas que los constituyen y que están diseñados para que presenten la combinación de las propiedades más favorables [3].

## **Sección Experimental**

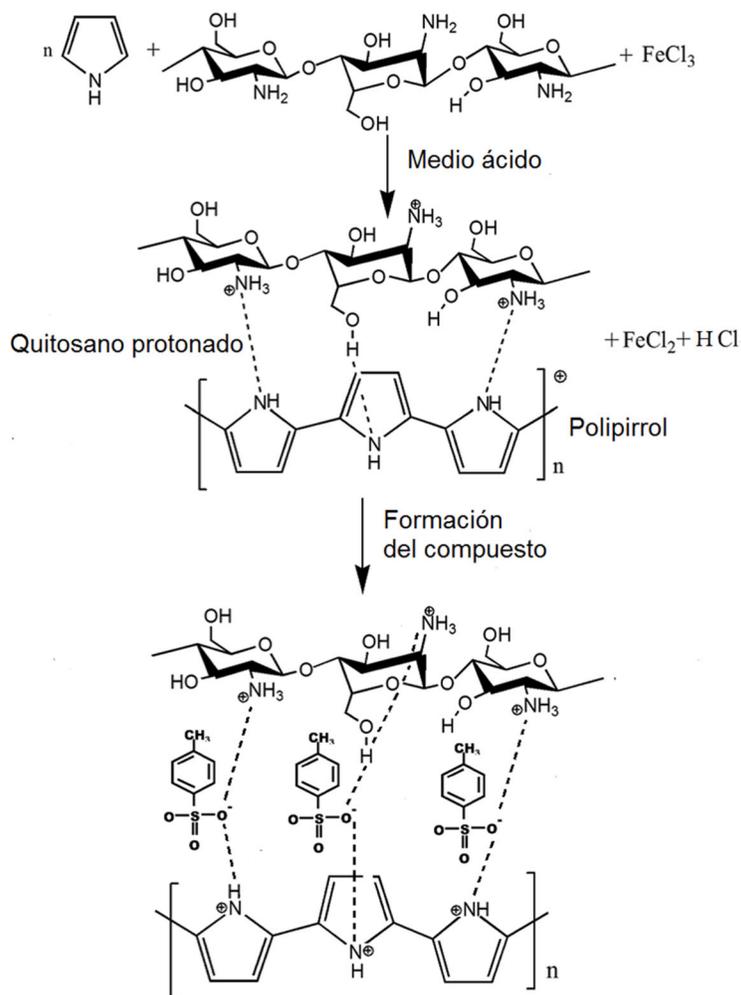
### *Obtención del compuesto*

El compuesto quitosano-polipirrol-nanopartículas de SiO<sub>2</sub> se obtuvo por polimerización oxidativa del pirrol en una solución de quitosano en ácido acético al 1% se agitó durante 30 minutos para obtener acetato de quitosano. Las nanopartículas de SiO<sub>2</sub> se dispersaron en la solución seguida de la adición de la sal para tolueno sulfonato de sodio (P-Ts) véase figura 1. Se ha informado de que el quitosano interactúa con tensoactivos aniónicos por atracción electrostática para formar complejos solubles, sin la adición de un tensoactivo anionico los grupos amino se desprotonan, lo que significa que el quitosano pierde su carga positiva y tendera a precipitar de la solución. El pirrol y las nanopartículas de SiO<sub>2</sub> fueron llevados a una relación en peso de 3: 1 para formar el compuesto. Esta suspensión se homogeniza vigorosamente por 30 min haciendo uso de un agitador magnético, para asegurar la mezcla se trató por 30 min en un baño ultrasónico, posteriormente el pirrol se adiciona a la solución con la inmediata aplicación de gotas de cloruro férrico FeCl<sub>3</sub> como agente oxidante para promover la polimerización oxidativa y obtener el polipirrol. La relación molar de FeCl<sub>3</sub>- pirrol-P-Ts fue de 6: 1: 1.5 respectivamente. El compuesto resultante se filtra y se lava con etanol para remover los oligómeros y el oxidante, al final se obtuvo el compuesto sólido el cual fue expuesto a una temperatura de 60 °C durante 8 horas para eliminar la humedad resultante.

El estudio se complementa utilizando en la obtención del compuesto, quitosano de bajo, medio y alto peso molecular, así como nanopartículas de 7 y 14 nm.

### *Preparación metalográfica de probetas*

Del acero al carbono se obtuvieron probetas, con dimensiones aproximadas de 5\*5\*3 mm, a las cuales se les soldó un alambre conductor de cobre mediante la técnica de spot-welding. En estas condiciones las probetas fueron encapsuladas en resina epóxica y posteriormente preparadas metalográficamente con papel abrasivo desde grado 120 hasta 600. Posteriormente las muestras fueron colocadas en un baño ultrasónico con etanol por 10 minutos para eliminar cualquier residuo.



**Figura 1.-** Mecanismo de la polimerización in situ de pirrol en solución de quitosano empleando una sal tensoactiva P-Ts.

#### *Técnica de deposición del recubrimiento.*

Los recubrimientos se aplicaron sobre muestras de acero templado mediante la técnica "drop coating".

#### *Técnicas electroquímicas*

Los ensayos electroquímicos fueron realizados usando un equipo SP-150 controlado por una computadora personal. Se empleó un arreglo típico de tres electrodos, donde el electrodo de referencia fue uno de calomel saturado y el auxiliar de platino (Figura 2). En todos los casos la cantidad de solución empleada fue de 100 ml, siguiendo la recomendación V/A especificado en ASTM G31-90 [4], obteniendo los resultados mediante el software Ec-Lab.

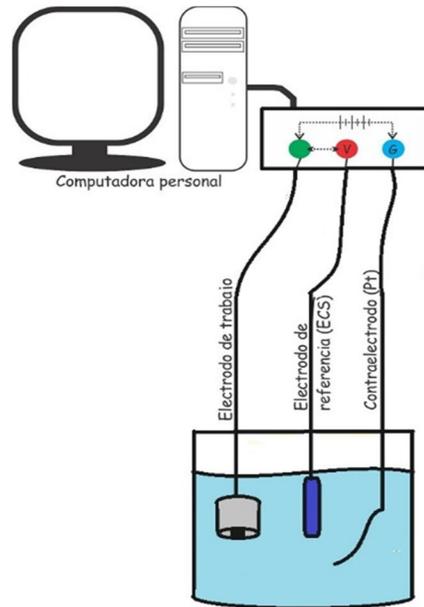


Figura 2.- Representación esquemática del arreglo experimental empleado para las determinaciones electroquímicas.

### Curvas de polarización potenciodinámica

A fin de determinar la resistencia a la corrosión de los materiales ( $i_{corr}$ ), éstos fueron sometidos a pruebas de polarización potenciodinámica desde -200 mV hasta 200 mV respecto al potencial de circuito abierto ( $E_{corr}$ ) de acuerdo al estándar ASTM G5-94 (reaprobada 2004) [5] y ASTM G-3-89 [6] (reaprobada 2004). Estos ensayos permiten determinar el potencial y la densidad de corriente, mediante extrapolación de las pendientes Tafel a partir de las curvas obtenidas (Figura 3).

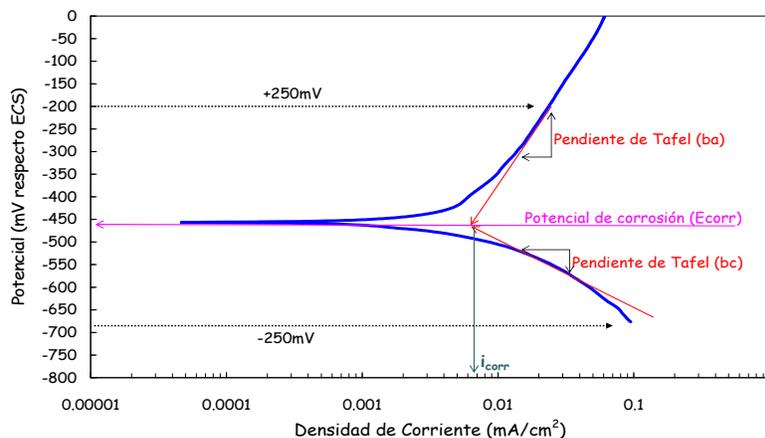
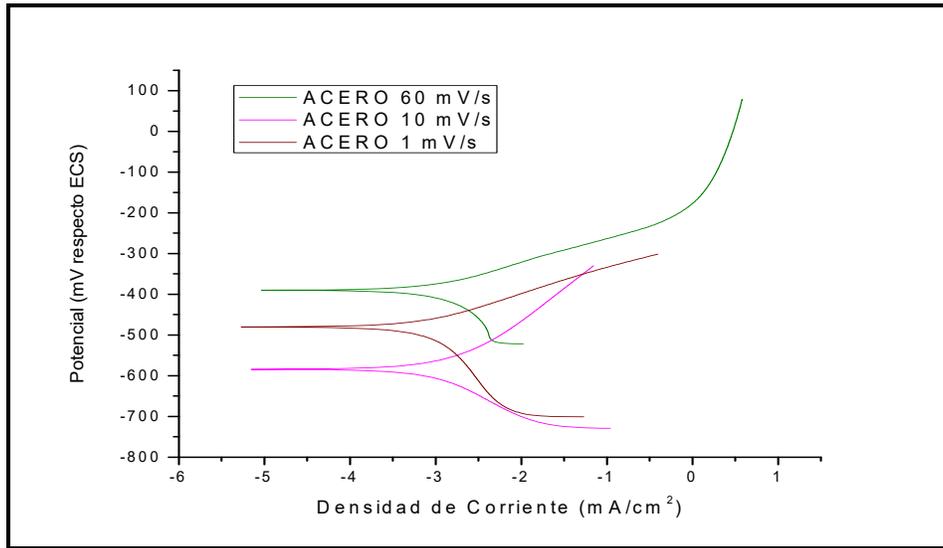


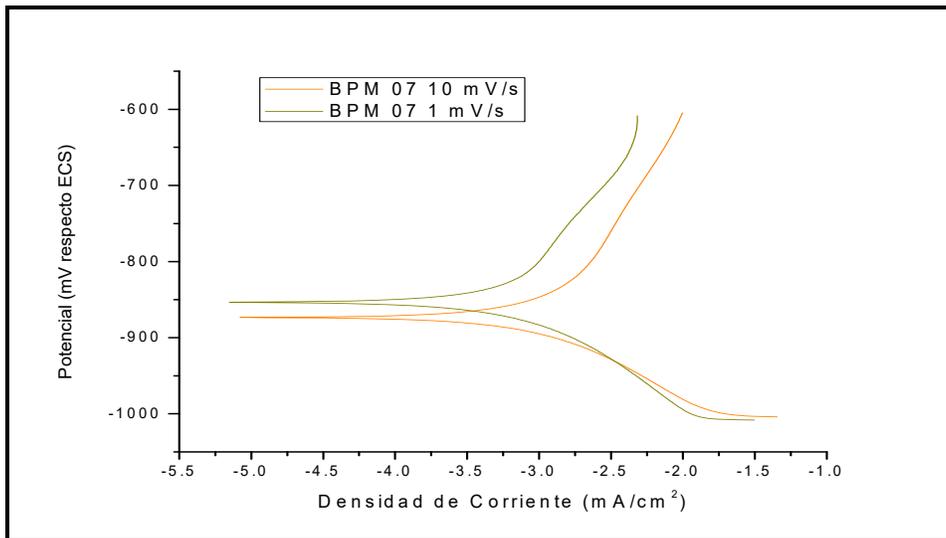
Figura 3.- Esquemático que ilustra el procedimiento para el cálculo de  $i_{corr}$ ,  $E_{corr}$  y las pendientes de Tafel.

A efecto de determinar la velocidad de barrido a emplear, se realizaron pruebas preliminares a diferentes velocidades de barrido. Para esta prueba se utilizó acero al carbono desnudo y acero al carbono con el recubrimiento del material compuesto

de Quitosano-Polipirrol-nanopartículas de SiO<sub>2</sub>, véase figura 4 y figura 5 respectivamente.



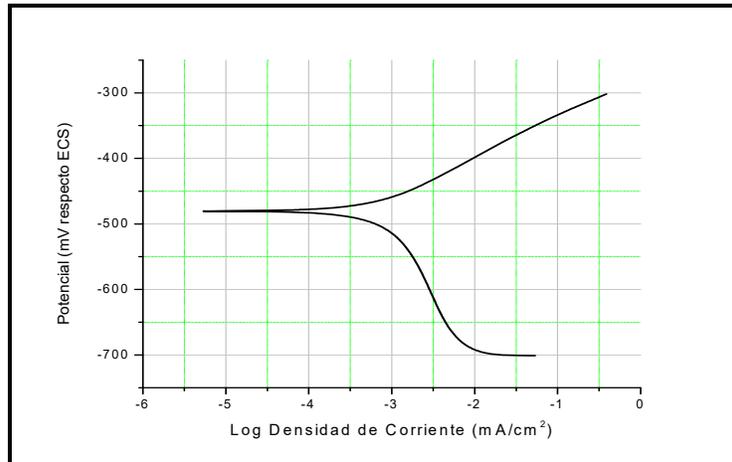
**Figura 4.-** Curvas de polarización potenciodinámica para acero al carbono en solución de NaCl 0.5 M a diferentes velocidades de barrido.



**Figura 5.-** Curvas de polarización potenciodinámica para acero al carbón con recubrimiento Quitosano-Polipirrol-SiO<sub>2</sub> (BPM) en solución de NaCl 0.5M a diferentes velocidades de barrido.

Con base en estos resultados y observando que no existe variación significativa en la evolución de la curva de polarización potenciodinámica, se determinó realizar las pruebas a una velocidad de barrido de 1 mV/s. Antes de iniciar los ensayos de polarización potenciodinámica, se dejaba estabilizar el sistema durante media hora.

## Resultados y Discusión

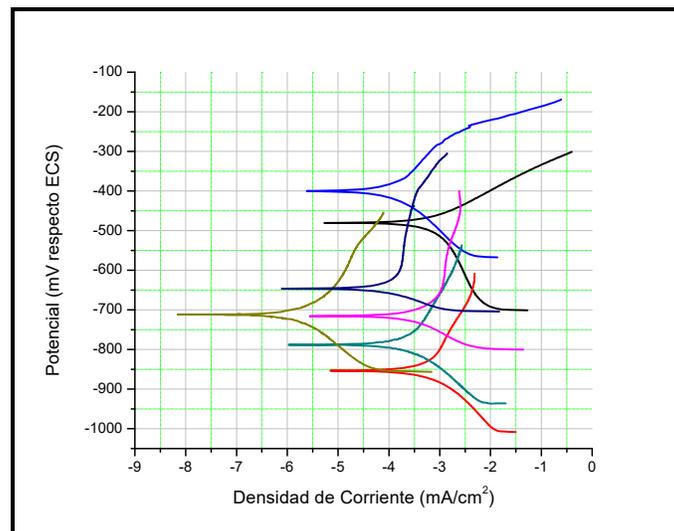


**Figura 6.-** Curva de polarización potenciodinámica para el acero al carbono 1018 en solución de NaCl 0.5M (velocidad de barrido 1 mV/s).

Respecto al acero expuesto se observa que el potencial de corrosión,  $E_{corr}$ , se ubica alrededor de -470 y -490 mV, la rama anódica del acero expuesto muestra un proceso de disolución en todo el rango de potencial evaluado (Figura 6). Se observa un constante incremento en la densidad de corriente con el incremento del potencial aplicado.

### *Polarización potenciodinámica del acero al carbono con recubrimiento.*

En la figura 7 se muestra las curvas de polarización potenciodinámica para el acero al carbono y el recubrimiento aplicado con diferente peso molecular del quitosano (bajo, medio y alto) tamaño de partícula del  $\text{SiO}_2$  7 y 14 nm.



**Figura 7.-** Curvas de polarización potenciodinámica para el acero al carbono 1018 con recubrimiento Quitosano-Polipirrol- $\text{SiO}_2$ , bajo peso molecular (■), medio peso molecular (■), alto peso molecular (■), (tamaño de partícula de 7 nm  $\text{SiO}_2$ ) en solución de NaCl 0.5M (velocidad de barrido 1 mV/s).

Respecto al acero al carbono con recubrimiento, se puede observar que la aplicación del recubrimiento afecta sus valores de  $E_{corr}$  e  $i_{corr}$ . Respecto al  $E_{corr}$ , se observa que éste es más anódico al incrementar el peso molecular del quitosano. En particular en el peso molecular medio, se observa una disminución en la densidad de corriente aproximadamente de dos órdenes de magnitud ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) respecto al acero al carbón. La rama anódica del acero expuesto muestra un proceso de disolución en todo el rango de potencial evaluado. Se observa un constante incremento en la densidad de corriente con el incremento del potencial aplicado. Por otro lado, la rama anódica del acero con recubrimiento muestra un proceso de disolución menos activo que el observado con el acero expuesto (menor incremento en la densidad de corriente al incrementar el potencial). Se observa una zona pasiva entre 150 mV a partir del  $E_{corr}$  en todas las curvas con recubrimiento y un potencial más noble para el compuesto de medio peso molecular de quitosano aproximadamente -581 mV.

De igual forma con partículas de  $\text{SiO}_2$  de 14 nm, se observa que el valor de  $E_{corr}$  se desplaza a potenciales más positivos con el aumento del peso molecular del quitosano. Sin embargo, en este caso se aprecia menor dispersión debido posiblemente a una mejor interacción en la interfase con el tamaño de partícula de 14 nm del  $\text{SiO}_2$ . Sus curvas de polarización muestran la tendencia a presentar una zona pasiva en la región anódica a partir de los 200 mV a partir del  $E_{corr}$  en la rama anódica en todas las curvas evaluadas, los valores de  $i_{corr}$  también son afectados por el tamaño de partícula del  $\text{SiO}_2$ , al igual que los recubrimientos evaluados anteriormente en lo que respecta al recubrimiento con peso molecular medio del quitosano se observa una mayor disminución en la densidad de corriente.

## Conclusiones

se observó que el recubrimiento quitosano-polipirrol-nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  obtenido con quitosano de peso molecular medio y nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  de 7 nm y 14 nm, presentaron el mejor comportamiento protector debido a que exhibieron los valores de  $i_{corr}$  más bajo y  $E_{corr}$  más noble de los recubrimientos evaluados, así como el valor de resistencia a la polarización lineal más altos.

## Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado al proyecto "Obtención y estudio del compuesto quitosano-polipirrol-nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  como recubrimiento contra la corrosión del acero al carbono". CLAVE: 6236.17-P

## Referencias

1. Cortés M. María Teresa y Pablo Ortíz H., Revista Hipótesis, Apuntes Científicos Uniandinos4 (2004).
2. T. Tüken, B. Yacini, M. Erbil, Applied Surface Science 239 (2005) 398-409.
3. Stupenengo, F., "Materiales y materias primas en materiales compuestos", Capítulo 1. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Buenos Aires, República Argentina.

4. ASTM G31-90 Standard Method for Conducting Corrosion Coupon Test in Plant Equipment.
5. ASTM G5-94 Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements.
6. ASTM G-3-89 Standard Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing.

# CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UN MATERIAL COMPUESTO BIOACTIVO EN SBF DE ALTA POROSIDAD DE PAAM/HA/CHT/PHEMA MEDIANTE SEM

Z. Vargas-Galarza<sup>1</sup>, W.N. Hernandez-Díaz<sup>1</sup>, C.D Arrieta-González, R.C. Cárdenas-Valdez y S. Palacios-Casarrubias<sup>1</sup>

[zully.vg@itzacatepec.edu.mx](mailto:zully.vg@itzacatepec.edu.mx), [wendynetz@yahoo.com](mailto:wendynetz@yahoo.com), [cdaglez@gmail.com](mailto:cdaglez@gmail.com),  
[roberto.cv@itzacatepec.edu.mx](mailto:roberto.cv@itzacatepec.edu.mx), [stefy.palaci@gmail.com](mailto:stefy.palaci@gmail.com)

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México.

*Área de participación: Materiales Compuestos*

**Resumen:** La finalidad de la ingeniería de tejidos es la creación de un dispositivo vivo que pueda restaurar, mantener y mejorar la función del tejido u órgano dañado [1]. Por lo cual se han dedicado muchos estudios a la utilización de polímeros biodegradables en la producción de andamios porosos, entre los cuales se destaca la hidroxiapatita, que es compatible con el organismo humano con sus características osteoconductoras, convirtiéndose en uno de los biopolímeros más atractivos en la utilización de aplicaciones biomédicas. En el presente trabajo se describe la obtención y caracterización morfológica de un material compuesto de alta porosidad. El material fue obtenido variando concentraciones de PAAm/CHT/HA/pHEMA. Las concentraciones de solución del quitosano (CHT) en 1% y 2%, mediante la metodología de radicales libres. Posteriormente se realizó un estudio de bioactividad in vitro por medio de una solución simuladora de fluido corporal (SBF) y su posterior caracterización por SEM, para comprobar si existe el crecimiento de hidroxiapatita (HA) en periodos de 15 y 30 días.

## Introducción

El empleo de diferentes tipos de injertos óseos ha perdurado hasta nuestros días, a pesar de las limitaciones, riesgos quirúrgicos y de salud asociados a estos [2]. Aunque el mejor sustituto óseo es el propio hueso, existen problemas asociados al uso de injertos óseos, como la insuficiente cantidad de tejido disponible o el riesgo de transmisión de enfermedades. Estas limitaciones han propiciado el desarrollo de materiales sintéticos que reemplacen el tejido óseo dañado, como los biomateriales [1]. Estos biomateriales se pueden definir como “materiales implantables que desarrollan su función en contacto con tejidos vivos”. En el desarrollo de cualquiera de ellos se deben tener en cuenta dos conceptos clave: biocompatibilidad y biofuncionalidad. Por biocompatibilidad se entiende la capacidad del material para ser aceptado por el medio biológico en contacto con el mismo [1,2]. La biofuncionalidad del biomaterial debe asegurar una buena transmisión de cargas y distribución de fuerzas entre el hueso y el implante. Por lo cual se han dedicado muchos estudios a la utilización de polímeros biodegradables en la producción de andamios porosos. Se han diseñado muchos biomateriales con el fin de aplicarlos en el campo médico, no obstante, no se ha avanzado mucho en lo concerniente a la regeneración ósea debido a la dificultad de encontrar materiales que sean compatibles con el organismo humano [3].

En este trabajo se realizó la obtención y caracterización morfológica de materiales compuestos porosos utilizando hidroxapatita (HA) que es el componente mineral más importante de los tejidos óseos y posee estructura similar a la fase mineral de dientes y huesos, tiene alta biocompatibilidad y osteoconductividad que es la habilidad del material de actuar como andamiaje pasivo que apoya la nueva formación del hueso y crecimiento del hueso, varios materiales inertes, como injertos cerámicos, hidroxapatita tienen esta propiedad, permitiendo, que el hueso vecino haga la sustitución reptante (creeping substitution) [4]; el quitosano (CHT), que como matriz puede ser utilizada para liberar materiales bioactivos o influenciar directamente el crecimiento celular, además de su alto poder antibacteriano [5]; Además, que los andamios realizados con poliacrilamida (PAAm), que hoy en día es conocido como un polímero inteligente gracias a las propiedades de absorción, no alergénicas, no mutagénicas y resistencia a la degradación enzimática y microbiológica, presentan buena biocompatibilidad al no observarse necrosis ni infección del tejido, ser químicamente inerte y mejora las propiedades mecánicas [6]; y el poli metacrilato 2-hidroxietilo (pHEMA) como agente gelificante es frecuentemente en la medicina, gracias a sus buenas características fisicoquímicas: no toxicidad, biocompatibilidad, alta resistencia a la degradación y la hidrólisis en condiciones fisiológicas y presenta excelentes propiedades mecánicas.

Se realizaron seis muestras con diferentes concentraciones de la matriz, con el fin de poder realizar comparaciones y estudiar su comportamiento en SBF para predecir la bioactividad de las muestras.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Se prepararon hidrogeles basados en una mezcla de pHEMA y PAAm con base en la metodología reportada [7], mediante polimerización de radicales libres, utilizando bisacrilamida como agente entrecruzante, pluronic F127 como estabilizador, quitosano como agente microbiano agregando diferentes concentraciones, HA como material cerámico para mejorar la estructura del material variando las cantidades agregadas al compuesto, persulfato de amonio y N,N,N',N'-tetrametildiamina (TEMED) utilizados como iniciadores de la polimerización. Los hidrogeles se prepararon utilizando bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) para analizar su comportamiento al llevar a cabo su descomposición y generar las burbujas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ayudando así a aumentar la porosidad del material, se mezclaron por medio de un baño ultrasónico de agitación magnética marca BRANSON- 2510R-MTH.

Se obtuvieron seis muestras con diferentes concentraciones de HA/CHT/pHEMA/PAAm, utilizando CHT en 1% (tabla 1) y 2% (tabla 2). Una vez obtenidas se lavaron con agua desionizada y se secaron por medio de un horno de secado por dos días a una temperatura de 40 °C.

Tabla 1. Matrices con CHT al 1%

MUESTRA A		MUESTRA B		MUESTRA C	
HEMA	400µL	HEMA	400µL	HEMA	600µL
AAm	500µL	AAm	400µL	AAm	150µL
CHT 1%	120µL	CHT 1%	120µL	CHT 1%	100µL
HA	180µg	HA	180µg	HA	180µg
NaHCO <sub>3</sub>	80µg	NaHCO <sub>3</sub>	80µg	NaHCO <sub>3</sub>	80µg

Tabla 2. Matrices con CHT al 2%

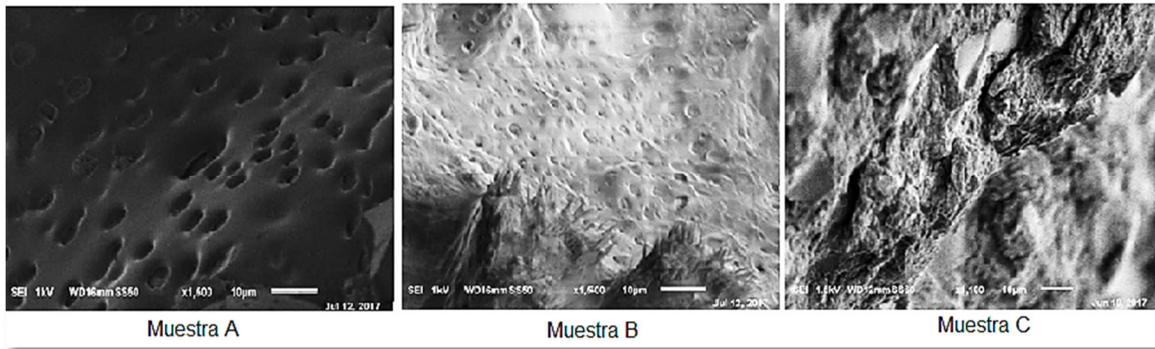
MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
HEMA	400µL	HEMA	400µL	HEMA	600µL
Aam	500µL	Aam	400µL	Aam	150µL
CHT 2%	100µL	CHT 2%	120µL	CHT 2%	100µL
HÁ	180µg	HÁ	180µg	HA	180µg
NaHCO <sub>3</sub>	80µg	NaHCO <sub>3</sub>	80µg	NaHCO <sub>3</sub>	80µg

Para predecir el fenómeno de la bioactividad, las muestras fabricadas fueron sumergidas en fluido corporal simulado (SBF – Simulated body fluid) durante 15 y 30 días. Esta solución contiene concentraciones de iones casi iguales a las del plasma sanguíneo humano y, por tanto, la bioactividad de un material puede predecirse por medio de la formación de hidroxiapatita en su superficie cuando se lo sumerge en SBF.

Mediante la obtención de imágenes de las muestras por microscopía electrónica de barrido utilizando el equipo JEOL modelo JSM – 6010LA, fue posible observar la evolución morfológica de la superficie, desde la porosidad al crecimiento de HA. Para preparar el SBF se utilizó el protocolo publicado por Kokubo [7,8,9].

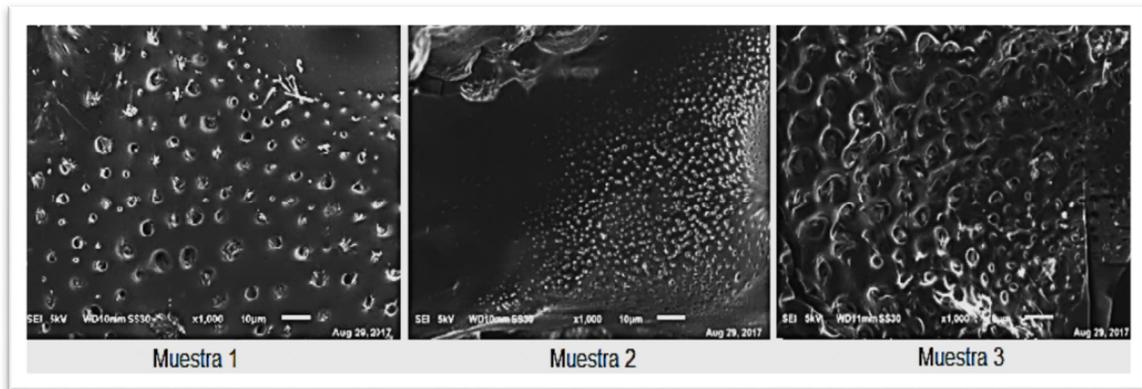
## Resultados y Discusión

Para analizar los materiales compuestos obtenidos se utilizó el microscopio electrónico de barrido, ya que la porosidad era un punto clave en este trabajo. En los materiales donde se utilizó el CHT a 1%, los poros se observan un poco más grandes que las muestras con CHT al 2%, sin embargo, solo la muestra A obtuvo poros relevantes para el trabajo. En las muestras B y C, se observaba solo un indicio de porosidad (figura 1).



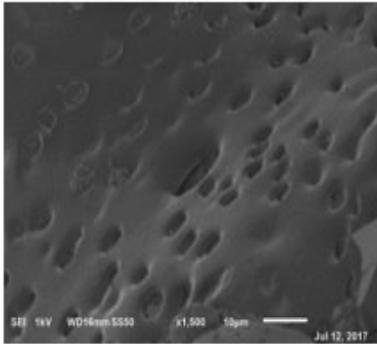
**Figura 1.** Muestras con CHT al 1% a  $\times 1500$ .

Se apreciaron porosidades en todas las muestras donde se utilizó CHT al 2% como se muestra en la figura 2, sin embargo, a lo largo del proyecto se pudo apreciar que mientras más cantidad de PAAm contenga el material, los poros se observan más pequeños.

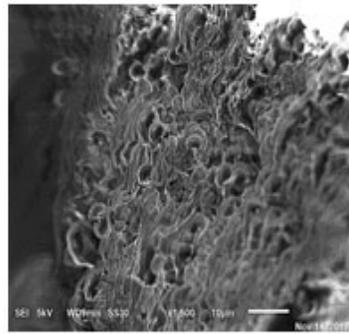


**Figura 2.** Porosidades de materiales compuestos cuaternarios con CHT 2% a  $\times 1500$

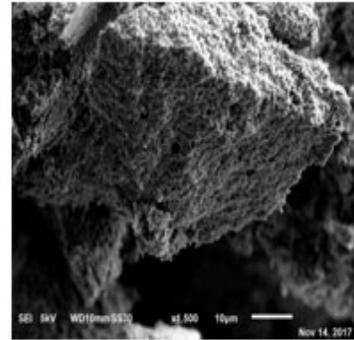
En la figura 3 se observa la presencia de poros en el material cuaternario con CHT al 1%. En la figura 4 se muestra la micrografía del material a los 15 días de la misma muestra sumergida en solución SBF, se observa un recubrimiento de CHT y el crecimiento de cúmulos de HA y en la figura 5 se logra apreciar el crecimiento excesivo de HA logrado con la muestra sumergida en SBF a lo largo de 30 días, donde se observa que la HA se encuentra presente alrededor de todo el material.



**Figura 3.** Material compuesto con CHT al 1%, observado a x1500

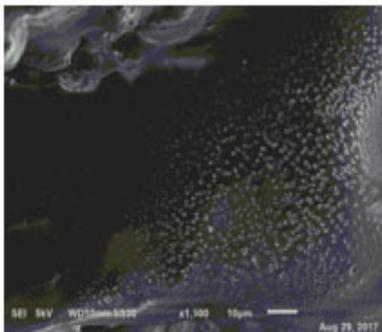


**Figura 4.** Material compuesto con CHT al 1%, 15 días, en SBF a x1500.

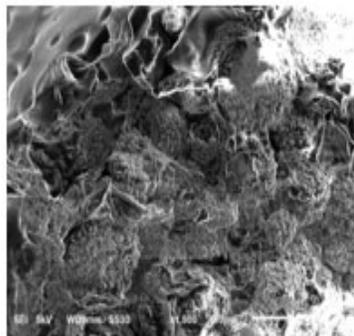


**Figura 5.** Material compuesto con CHT al 1%, 30 días después.

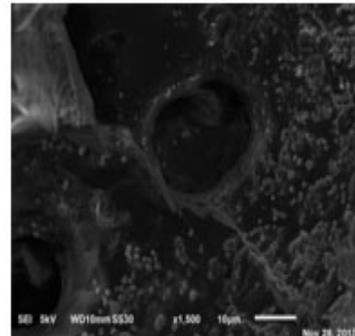
En la figura 6 se observa la morfología encontrada en la muestra 1 antes de integrar el material al SBF, en la figura 7 se observa la formación de hidroxiapatita de la muestra a los 15 días, mientras que en la figura 8 se observa el material después de 30 días.



**Figura 6.** Material compuesto muestra 1 con CHT al 2%, observado a x1500

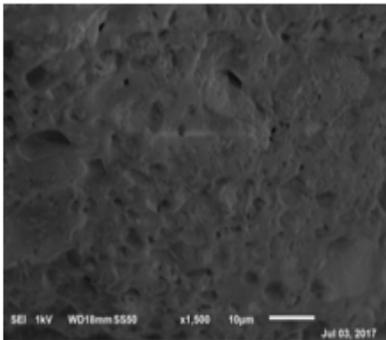


**Figura 7.** Material compuesto con CHT al 2% muestra 1, 15 días en SBF a x1500.

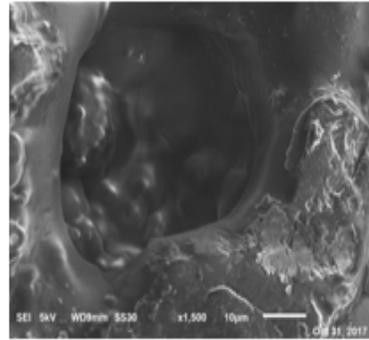


**Figura 8.** Material compuesto con CHT al 2% muestra 1, 30 días en SBF a x1500

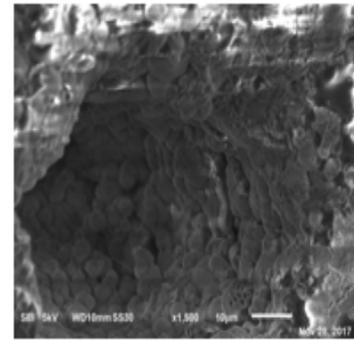
En la figura 9, se observa la morfología encontrada en la muestra 2 antes de integrar el material al SBF, en la figura 10 la morfología cambio al observarse crecimiento de HA a los 15 días después de agregar la muestra en SBF se observa un leve crecimiento de HA, y en la figura 11 se aprecia la modificación morfológica alcanzada en 30 días en SBF.



**Figura 9.** Material compuesto muestra 2 con CHT al 2%, observado a x1500

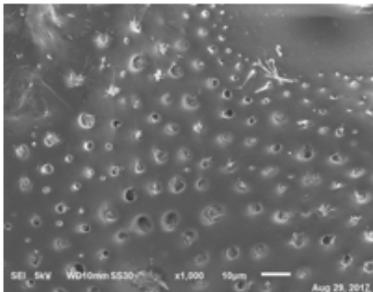


**Figura 10.** Material compuesto con CHT al 2% muestra 2, 15 días en SBF a x1500.

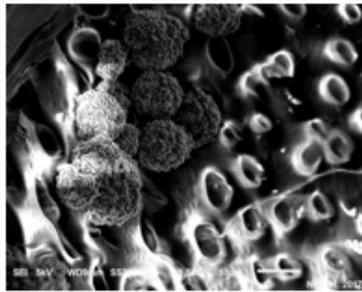


**Figura 11.** Material compuesto con CHT al 2% muestra 2, 30 días en SBF a x1500

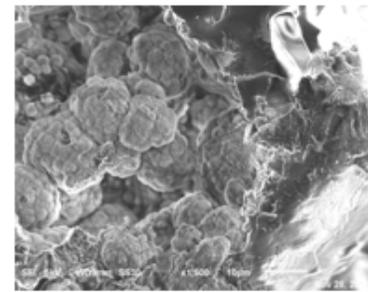
En la figura 12 se observa la porosidad encontrada en la muestra 3, el crecimiento es mayor en esta muestra a los 15 días como se observa en la figura 13 y por último en la figura 14 se aprecia la morfología posterior a 30 días en SBF.



**Figura 12.** Material compuesto con CHT al 2%, muestra 3



**Figura 13.** Material compuesto con CHT al 2%, 15 días. en SBF a x1500.



**Figura 14.** Material compuesto con CHT al 2% muestra 3, 30 días después.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos mostraron que se obtuvo el material compuesto poroso de pHEMA/PAAm/CHT/HA por el método de radicales libres, utilizando baño ultrasónico y análisis de bioactividad.

De acuerdo a las imágenes que se obtuvieron mediante la microscopía electrónica de barrido, puede concluirse que la porosidad fue afectada por el contenido de acrilamida debido al alto entrecruzamiento que se realiza con la bisacrilamida, ya que en las muestras donde existía mayor cantidad de acrilamida, los poros variaban de 1 a 10  $\mu\text{m}$ . Además, concentraciones mayores de 180 $\mu\text{g}$  de hidroxiapatita y concentraciones mayores de 120 $\mu\text{m}$  de quitosano obstruían la generación de porosidades en el material. La porosidad encontrada en los materiales varió de 1 a 50  $\mu\text{m}$ .

En los materiales con CHT al 1% el crecimiento de hidroxiapatita se observó más aglomerado, mientras que en los materiales con CHT al 2% se aprecia la HA en forma de recubrimiento homogéneo en todo el material.

### Agradecimientos

El primer autor agradece el apoyo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para cursar la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, incluido en el padrón de Postgrados de Excelencia, con el convenio 471-0.

### Referencias

1. Lozano, D., “¿Se pueden emplear materiales sintéticos para reemplazar un hueso dañado?”, SEEBBM DIVULGACIÓN, 31-32, 2011
2. Kelleher, C., & Vacanti J., “Engineering extracellular matrix through nano technology” Journal of the Royal Society Interface, Vol.7, 717-729, 2010.
3. Chen Q., Liang S., Thomas G. A. “Elastomeric biomaterials for tissue engineering”. Progress in Polymer Science, Vol. 38, 584-671, 2013.
4. Ferrer, Y., “Hidroxiapatita como sustituto del tejido óseo”, *Revista de Medicina y Ciencias de la Salud*, 2008.
5. Correa, L., Zuluaga F., Valencia, C., & Godoy, J., “Elaboración de andamios porosos óseos inducidos de poli (ácido L- láctico) /quitosano para la regeneración de tejido óseo”, *Revista Colombiana de Materiales*, Vol.6, 34-53, 2016
6. Ortiz, L., Cruz, A., Gómez, C., y Mendoza, M., “Síntesis y caracterización de hidrogeles obtenidos a partir de acrilamida y metilcelulosa”, *Revista Iberoamericana de Polímeros*, Vol. 7, 247-253, 2006.
7. Salgado, A., Vargas, Z., Salgado, R., García, E., Hernández, W., Rosas, R., et. Al., “Caracterización morfológica y térmica de un biomaterial compuesto de alta porosidad pHEMA-quitosano-cerámica (hidroxiapatita)”, *Revista mexicana de ingeniería química*, Vol. 15, 625-632, 2016.
8. Kokubo, T., Kim, H., & Kawashita, M., “Novel bioactive materials with different mechanical properties”, *Biomaterials*, Vol. 24, 2161-2175, 2003.
9. Kokubo, T., “Bioactive glass ceramics: properties and applications”, *Biomaterials*, Vol. 12, 155-163, 1991

# APLICACIÓN WEB Y MÓVIL PARA EVALUACIÓN DE ALUMNOS

J. Á. Peña-Ramirez, N.J. Ontiveros-Hernández, M. H. Tiburcio-Zúñiga, S. Espinoza-Salgado, V. Bárcenas-Martínez.

*Instituto Tecnológico de Zacatepec, Depto. de Sistemas y Computación.  
Calzada Tecnológico No. 27 Zacatepec, Morelos, México.*

[penita14@hotmail.com](mailto:penita14@hotmail.com), [norma.oh@itzacatepec.edu.mx](mailto:norma.oh@itzacatepec.edu.mx), [mario.tz@itzacatepec.edu.mx](mailto:mario.tz@itzacatepec.edu.mx),  
[socrates.es@itzacatepec.edu.mx](mailto:socrates.es@itzacatepec.edu.mx), [venancio.bm@itzacatepec.edu.mx](mailto:venancio.bm@itzacatepec.edu.mx).

**Área de participación:** Aplicaciones en entornos web y móvil (ISC)

**Resumen:** En este artículo se plantea una solución tecnológica que permite a un profesor llevar el control o gestión de las calificaciones de sus alumnos. La solución integra una aplicación web así como una aplicación móvil. En la aplicación web el profesor podrá manipular los datos (operaciones de altas, bajas, consultas y modificaciones) de sus alumnos y sus calificaciones. La aplicación móvil permitirá a los alumnos consultar los resultados de sus evaluaciones. Además, la aplicación móvil permitirá una interacción entre el alumno y el profesor, mediante llamadas telefónicas, tomar fotos digitales como evidencias de sus actividades, incluyendo un módulo de ayuda que facilite su operación.

## Introducción.

En la aplicación web que aquí se reporta, un profesor podrá alojar información de la evaluación de sus alumnos incluyendo: porcentajes, trabajos, examen, proyecto, conducta y puntos extras, y con esto calcular el promedio final de cada uno de sus alumnos. La parte del cliente está basada en una aplicación móvil, que puede ser usada por el profesor y los alumnos. Se podrán hacer operaciones (altas, bajas, consultas y modificaciones). El profesor podrá hacer operaciones de lectura/escritura y los alumnos solamente operaciones de lectura.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Para realizar pruebas fue necesario instalar **Xampp** o **Wampp**, que incluye los servicios **Tomcat-Apache** y **PostgreSQL**. Los servicios pueden ser activados desde el panel de control. Al escribir `ip:192.168.1.71` en el navegador, se puede acceder a la página de presentación de **Xampp**, ver Fig. 1.



Fig. 1. Accediendo al administrador de base de datos con phpMyAdmin.

Para este artículo se utiliza un *Access Point* (AP) inalámbrico para conectar dos dispositivos: una aplicación móvil y un gestor de base de datos. A fin de poder lograr la comunicación, tanto la aplicación móvil como el servidor cuentan con IPs privadas. Además, para que la aplicación móvil tenga acceso a la información de servidor, debe contar con cuatro parámetros (nombre de la base datos, IP, puerto y contraseña), ver Fig. 2.



Fig. 2 Comunicación entre modem, celular móvil y servidor.

### Resultados y Discusión

Primera parte: Aplicación móvil se adapta al perfil del usuario, para realizar operaciones (altas, bajas, modificaciones y consultas) en la base de datos por parte del profesor y la operación de consultas en la base de datos por parte del alumno. Adicionalmente se le permitirá hacer llamadas telefónicas, tomar fotos digitales. Ver Fig.3.

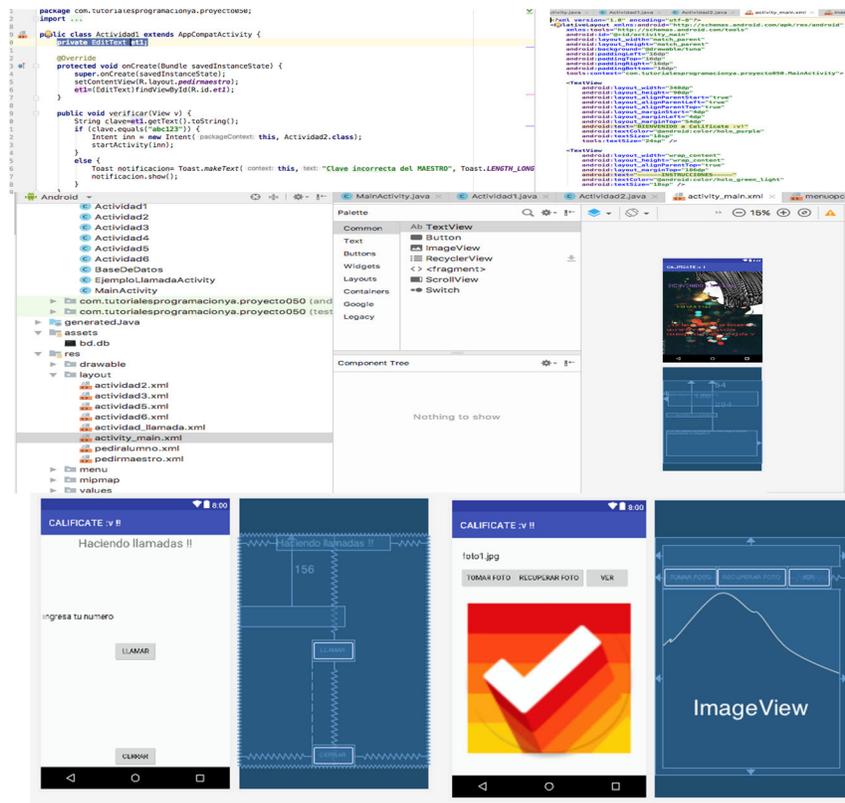


Fig. 3. Pantalla principal del celular mediante el entorno *Android studio*.

Se genera una pantalla como portada principal con un menú de tres opciones: donde a las dos primeras opciones se tiene acceso mediante una contraseña, primero es para docente, segundo para el alumno y la tercera como módulo de ayuda. Dicha aplicación móvil le permite manipular a los profesores las diferentes

operaciones (altas, bajas, consultas y modificaciones), el segundo es para el alumno donde solamente va realizar consultas y por último proporciona módulo de ayuda. Ver Fig. 4.

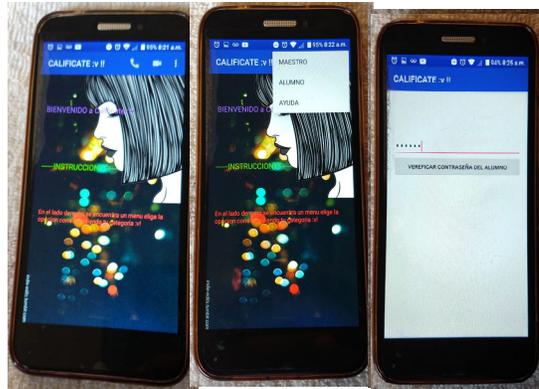


Fig. 4. Pantallas principales en tiempo real en un dispositivo móvil.

La Fig. 5, ilustra los datos provistos a la aplicación *Android*.



Fig. 5 Operaciones de base de datos (*postgreSQL*) por parte del profesor.

Por parte del alumno se puede apreciar los resultados de los porcentajes de evaluación proporcionado por su profesor.

La aplicación móvil permite realizar llamadas telefónicas para cualquier duda o aclaración, y también permite tomar fotos digitales sobre las actividades realizadas como trabajos, proyectos, etc., hechas en clase, como se muestra en la Fig. 6.

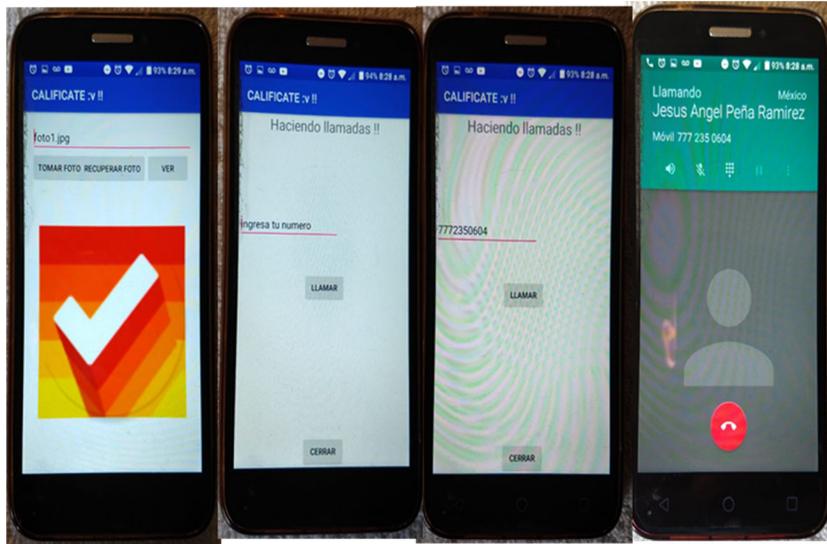


Fig. 6. El dispositivo móvil permite realizar llamadas telefónicas y captura de fotos.

La aplicación móvil tiene acceso a la información de cómo evaluar a los alumnos. El profesor además de manipular información desde la aplicación móvil, también tiene la facultad de manipular operaciones (altas, bajas, consultas y modificaciones) de escritura/lectura en la base de datos mediante una aplicación web (*tomcat-apache y jsp*), ver Fig. 7.

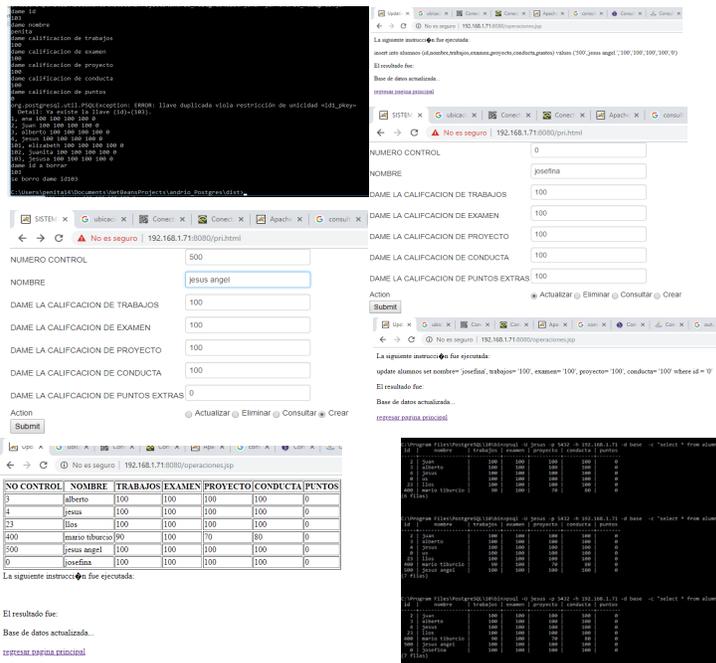


Fig. 7. Servidor web (*Tomcat-apache, PostgreSQL, y jsp*).

La información que se accede desde la App móvil o desde el Web, reside en una base de datos en un Sistema Manejador de Bases de Datos Relacional de libre distribución PostgreSQL, el cual se configuró adecuadamente para permitir conexiones remotas TCP/IP. Se comprobó la conectividad del manejador de base

de datos *PostgreSQL* en una terminal del servidor en línea de comandos. Para ello se indicaron 6 parámetros (nombre de la base de datos, usuario, puerto, IP, contraseña y la sentencia SQL), ver Fig. 8.

```
C:\Program Files\PostgreSQL\10\bin>psql -U jesus -p 5432 -h 192.168.1.71 -d base -c "select * from alumnos"
id | nombre | trabajos | examen | proyecto | conducta | puntos
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----
 3 | alberto |      100 |    100 |      100 |      100 |      0
 4 | jesus   |      100 |    100 |      100 |      100 |      0
23 | llos    |      100 |    100 |      100 |      100 |      0
400 | mario tiburcio |    90 |    100 |       70 |       80 |      0
500 | jesus angel |    100 |    100 |      100 |      100 |      0
 0 | josefina |    100 |    100 |      100 |      100 |      0
(6 filas)
```

Fig. 8. Mediante símbolo de sistema (CMD) se comprueba que esté funcionando el servidor de BD (*PostgreSQL*).

La Fig. 9 muestra la aplicación móvil con la misma funcionalidad descrita anteriormente tanto para profesores como para alumnos.



Fig. 9. Aplicación móvil (alumno y profesor).

La Fig. 10 muestra la Sección del profesor para realizar consultas generales sobre sus evaluaciones de cada alumno.

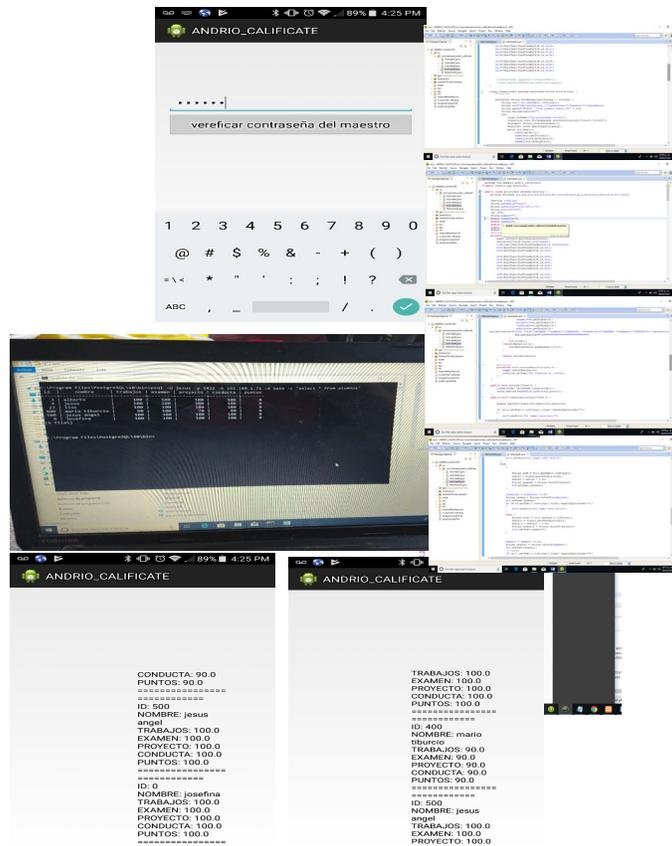


Fig. 10. Consultas generales por parte del profesor.

## Conclusiones

En este artículo se mostró una aplicación web que en conjunción con una aplicación móvil acceden a una base de datos común para manipular calificaciones de alumnos. Los usuarios potenciales de la aplicación son los profesores y los alumnos quienes tendrán acceso inalámbrico a los diferentes datos.

## Referencias

- 1.- Arroyo N. (2011). Información en el Móvil. Barcelona: UOC.
- 2.- García-Rodríguez A. y Gómez-Díaz R.. (2016). Lectura digital infantil. Dispositivos, aplicaciones y contenidos. Barcelona: UOC.
- 3.- Ayala-Ponce L. (2015). Android Studio Curso Basico: Aprenda paso a paso (Spanish Edition). eBooks Kindle: Edición Kindle.
- 4.- <https://www.openinnova.es/cual-es-el-mejor-lenguaje-de-programacion-para-android-apps/>
- 5.- <https://www.yeeply.com/blog/entornos-programacion-desarrollar-apps-android/>
- 6.- [https://educacionadistancia.juntadeandalucia.es/profesorado/pluginfile.php/84595/mod\\_resource/content/1/tema2apuntes.pdf](https://educacionadistancia.juntadeandalucia.es/profesorado/pluginfile.php/84595/mod_resource/content/1/tema2apuntes.pdf)

# DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE DESERCIÓN EN ESTUDIANTES DE BACHILLERATO MEDIANTE TÉCNICAS DE PREDICCIÓN DE MINERÍA DE DATOS

R. Villa-Noriega<sup>1</sup>, y F.J. Cartujano-Escobar<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [rodolfo.villa.noriega@gmail.com](mailto:rodolfo.villa.noriega@gmail.com)*

<sup>2</sup>*Departamento de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [francisco.ce@itzacatepec.edu.mx](mailto:francisco.ce@itzacatepec.edu.mx)*

*Área de participación: Tecnologías para grandes bases de datos*

**Resumen:** La minería de datos educacional aplica técnicas de minería de datos para encontrar patrones de los cuales se pueda obtener conocimiento que ayude a entender mejor el proceso enseñanza-aprendizaje y los factores que lo afectan. Este trabajo se centró en encontrar patrones que afectan la deserción de los estudiantes del bachillerato del estado de Morelos, utilizando información personal, socioeconómica y académica. En total se utilizaron 4239 instancias con 41 atributos que conformaron un conjunto de datos desbalanceado por lo que fue necesario aplicar técnicas de balanceo de clases en la fase de preprocesamiento. Se aplicaron tres técnicas de minería de datos predictivas, arboles de decisión, reglas y redes neuronales, mediante la herramienta WEKA, una colección de algoritmos de aprendizaje automático y herramientas de preprocesamiento de datos (Frank, Hall, & Witten, 2016). Para la generación de un árbol de decisión se utilizó el algoritmo J48 con una precisión de predicción del 81%, el algoritmo PART obtuvo una precisión del 89.4% mientras que la red neuronal implementada obtuvo el 90.2% de precisión siendo esta última la que mejor se comportó con el conjunto de datos.

## Introducción

La baja eficiencia terminal y bajo aprovechamiento académico son unos de los diversos retos que la Educación Media Superior (EMS) tiene que afrontar. En respuesta a esta problemática la Secretaría de Educación Pública en conjunto con la EMS, ha creado desde el año 2009 el Sistema Nacional de Bachillerato que en el marco de la Reforma Integral de la Educación Media Superior se ha implementado un programa de acciones que atienden esta problemática a nivel operacional (SEP, 2011).

Existen diversos obstáculos, muchos de ellos relacionados con la falta de tiempo para realizar las actividades necesarias para atender el problema sobre todo en la etapa de detección de riesgos en los estudiantes, debido principalmente a la cantidad de estudiantes además de que no se cuenta con herramientas informáticas que ayuden a estas tareas lo que dificulta brindar una atención adecuada y a tiempo (Peñalosa Castro, 2017).

El presente trabajo describe la generación de un modelo de predicción de deserción y de aprovechamiento académico que permita ayudar a la etapa de análisis de los datos y la utilización de técnicas de minería de datos para extraer conocimiento.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

La Minería de Datos Educacional es un puente donde convergen principalmente dos disciplinas: la educación por un lado y las ciencias de la computación por el otro, donde la Minería de Datos y el Aprendizaje Automático son subáreas de las ciencias

de la computación que son las que permiten encontrar nueva información en los datos educacionales (Bakhshinategh, Zaiane, ElAtia, & Ipperciel, 2018).

La extracción de conocimiento está principalmente relacionada con el proceso de descubrimiento conocido como KDD (Knowledge Discovery in Databases) (Hernández Cedano, 2016) , que descubre conocimiento e información potencialmente útil dentro de los datos contenidos en algún repositorio de información. Es un proceso repetitivo que explora volúmenes muy grandes de datos para determinar relaciones y extraer información de calidad que puede usarse para encontrar modelos dentro de los datos (Deepashri & Kamath, 2017). En la Figura 1 se muestran las fases del proceso KDD (Fayyad, Piatetsky-Shapiro, & Smyth, 1996) las cuales se describen a continuación.

**Selección de datos.** En esta etapa se determinan las fuentes de datos y el tipo de información a utilizar.

**Preprocesamiento.** Esta etapa consiste en la preparación y limpieza de los datos extraídos desde las distintas fuentes de datos en una forma manejable, necesaria para las fases posteriores.

**Transformación.** Consiste en el tratamiento preliminar de los datos, transformación y generación de nuevas variables a partir de las ya existentes con una estructura de datos apropiada.

**Minería de datos.** Es la fase de modelamiento propiamente en donde métodos inteligentes son aplicados con el objetivo de extraer patrones previamente desconocidos, válidos, nuevos, potencialmente útiles y comprensibles y que están contenidos u “ocultos” en los datos.

**Interpretación y evaluación.** Se identifican los patrones obtenidos y que son realmente interesantes, basándose en algunas medidas y se realiza una evaluación de los resultados obtenidos.

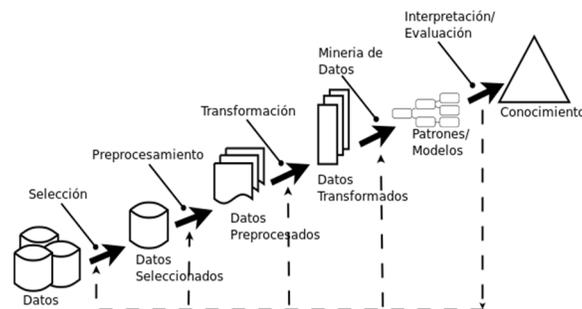


Figura 1.- Fases del Proceso KDD (Fuente:(Fayyad et al., 1996))

## 2.1 Metodología

**Selección de Datos:** En esta etapa se definieron las fuentes de información disponibles y sus características. Las fuentes de información que se definieron fueron dos, información generada por el programa de tutorías del bachillerato donde se gestiona información acerca de los estudiantes principalmente información personal y socioeconómica. Para el proyecto se ha realizado un formulario WEB con el fin de recolectar la información del programa de tutorías, posteriormente se

exportó a un archivo de formato CSV. En total se obtuvieron como muestra 457 registros con 143 atributos con información personal y socioeconómica. La segunda fuente de información fue proporcionada por el departamento de servicios escolares de la institución educativa y se obtuvieron los datos académicos de los estudiantes como las asistencias, evaluaciones parciales y evaluaciones semestrales de cada materia, especialidad y semestre. En total se contó con 13752 registros producto del proceso de evaluación del semestre enero–junio del 2018 y 13737 registros producto del proceso de evaluación del semestre agosto – diciembre del 2018, ambos con 25 atributos.

**Preprocesamiento de datos:** En esta fase se generó un repositorio de datos que soporte la actualización de la información cada semestre, esto con la finalidad de utilizar todos los datos disponibles en la generación de los modelos predictivos. El repositorio consta de dos componentes principales. El primero es una base de datos desarrollada en MySQL que almacena todos los datos de las dos fuentes de información. La segunda es una aplicación implementada en Java que tiene tres funciones principales. Primero procesar las respuestas de los cuestionarios aplicados en el programa de tutorías, segundo cargar los datos preprocesados en el repositorio. Finalmente se unieron los datos de las dos fuentes de información a través de consultas SQL ad-hoc mediante el identificador del estudiante, dando un total de 4239 registros con 41 atributos los cuales contienen información socioeconómica, personal y académica, por materia, por parcial.

**Transformación:** En esta etapa se analizaron los datos mediante gráficas que WEKA proporciona y que permiten determinar si los atributos contribuirán a predecir la deserción y el aprovechamiento de los estudiantes. Posteriormente se seleccionaron los atributos que se consideraron relevantes para la generación de los modelos, en este caso resultaron 35 atributos. La discriminación de los atributos se realizó de dos formas, los atributos que definen al atributo clase como lo son las asistencias y las calificaciones parciales y semestral se removieron debido a que estos datos solo respaldan el valor del atributo clase. El otro conjunto de atributos discriminados son atributos que no son de interés del estudio como lo son la generación y periodo de evaluación.

**Tabla 1.-** Atributos de conjunto de datos (Fuente: Elaboración propia)

N	Atributo	N	Atributo	N	Atributo
1	edad	13	trabaja	25	resultadoActitudClase
2	genero	14	ingresoFamiliar	26	resultadoCondicionesExternas
3	tipoEscuela	15	tipoVivienda	27	resultadoMetodoPersonal
4	promedioSecundaria	16	viviendaPropia	28	resultadoProgramacionPersonal
5	razonIngreso	17	tieneComputadora	29	resultadoConvivencia
6	padeceEnfermedad	18	tieneInternet	30	resultadoNuevoIngreso
7	vivePadre	19	tiempoTraslado	31	Carrera
8	escolaridadPadre	20	gastoTransporte	32	Materia
9	viveMadre	21	resultadoAuditivo	33	Semestre
10	escolaridadMadre	22	resultadoVisual	34	Turno
11	vivePadres	23	resultadoKinestesico	35	tipoAcreditacion
12	sostenEconomico	24	resultadoVAK		

Para encontrar patrones relacionados con la deserción se seleccionó como atributo clase *tipoAcreditacion* que puede tomar tres valores distintos; A para los estudiantes que acreditaron la asignatura, NA para los que no acreditaron y NP para los

estudiantes que no alcanzaron por lo menos el 80% de las asistencias lo cual es considerado como deserción.

WEKA nos permite visualizar el número de registros de cada una de las clases dentro de nuestro conjunto de datos, en la tabla 2 se observan 3925 instancias de estudiantes acreditados lo que consta el 92.6% del total de los datos. Mientras que el número de instancias clasificadas como deserciones son de apenas 44, representando solo el 1% del total de los datos por lo que nos encontramos con un problema de clases desbalanceadas.

**Tabla 2.-** Distribución de instancias de cada clase (Fuente: Elaboración propia)

Clase	Numero de instancias	% del total de datos
A	3925	92.60%
NA	270	6.37%
NP	44	1.03%

Con la finalidad de evitar un sobre aprendizaje en el proceso de la construcción de los modelos se utilizó el filtro *Resample* que genera una submuestra de los datos de forma aleatoria (Frank et al., 2016), con un valor de 1 en el campo *biasToUniformClass* para una distribución uniforme de la clase en los datos de salida. Este proceso generó el mismo número de instancias con 1431 registros para cada una de las clases.

**Minería de datos:** Las técnicas de clasificación que se utilizaron fueron árboles de decisión, reglas y redes neuronales. Se obtuvieron modelos con la herramienta WEKA utilizando el algoritmo J48 que generó un árbol de decisión podado, el algoritmo PART para generar un modelo de reglas, ambos configurados con error de confianza del 1% con la finalidad de simplificar los modelos ya sea podar el árbol de decisión o generar un menor número de reglas. Para entrenar la red neuronal se utilizó el algoritmo *MultiLayerPerceptron* con valores por defecto.

**Interpretación y evaluación:** Para la evaluación de cada uno de los modelos se utilizó una validación cruzada con n pliegues. Esta validación divide de forma aleatoria el conjunto de datos de entrenamiento en n subconjuntos disjuntos de tamaño similar llamados pliegues, este número de pliegues es especificado en el campo *folds*. Posteriormente se realizan n iteraciones, el mismo número de pliegues definidos, en donde cada una selecciona un pliegue diferente que utiliza como conjunto de datos de prueba, para entrenar el modelo se utilizan los otros n-1 pliegues (Timaran-Pereira, Calderón-Romero, & Hidalgo-Troya, 2017). Por último, se genera un modelo con todos los datos y se obtiene su error promediando los errores de cada uno de los modelos obtenidos en cada iteración. Para la validación de cada uno de los modelos predictivos se utilizó n=10 pliegues que es el valor por defecto de WEKA.

## Resultados y Discusión.

Se obtuvo un árbol de tamaño 397 con 317 hojas el cual pudo clasificar correctamente 3436 registros, lo que representa el 81% de precisión. El algoritmo J48 realizó una discriminación de valores lo que resultó en un árbol más pequeño, pero no fue posible reducirlo más debido a que el algoritmo no realizó una discriminación de atributos. En la tabla 2 se muestran los resultados de la validación

del modelo junto con la matriz de confusión donde se detalla el número de instancias que se clasificaron correctamente e incorrectamente de cada una de las clases.

**Tabla 2.-** Matriz de confusión del Árbol de decisión

CLASES	A	NA	NP	Predicción Correcta	Predicción incorrecta
<b>A</b>	<b>1211</b>	168	34	85.7%	20.8%
<b>NA</b>	462	<b>937</b>	14	66.3%	5.9%
<b>NP</b>	125	0	<b>1288</b>	81.1%	1.7%

```

promedioSecundaria <= 8
| semestre <= 3
| | turno = matutino
| | | resultadoAuditivo <= 78.33
| | | | tieneComputadora = Si
| | | | escolaridadMadre = Secundaria: NP (154.0)
| | | | resultadoNuevoIngreso = Riesgo moderado
| | | | | resultadoVisual > 48.33
| | | | | resultadoProgramacionPersonal = INSUFICIENTE: NP (138.0)
| | | | | resultadoAuditivo <= 50
| | | | | | genero = H
| | | | | | tiempoTraslado > 25: NP (58.0)
| | | | | | materia = INSTALA Y CONFIGURA SISTEMAS OPERATIVOS DE LA OFIMATICA
| | | | | | resultadoMetodoPersonal = INSUFICIENTE
| | | | | | | escolaridadMadre = Secundaria: NP (64.0)
| | | | | | materia = MANTIENE EL SISTEMA ELECTRONICO DEL AUTOMOVIL
| | | | | | resultadoActitudClase = BIEN: NP (143.0/6.0)
| | | | | | resultadoActitudClase = SUFICIENTE
| | | | | | | resultadoVisual > 51.67
| | | | | | | | tiempoTraslado > 15
| | | | | | | | | vivePadre = Si: NP (70.0)
| | | | | | | | | materia = TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y LA COMUNICACION
| | | | | | | | | resultadoNuevoIngreso = Riesgo alto
| | | | | | | | | | razonIngreso = Convicción³n: NP (71.0)
| | | | | | | | | materia = LECTURA, EXPRESION ORAL Y ESCRITA I
| | | | | | | | | resultadoKinestesico <= 51.67
| | | | | | | | | | resultadoKinestesico > 43.33: NP (84.0/1.0)
| | | | | | | | | materia = INGLES III
| | | | | | | | | resultadoKinestesico > 60
| | | | | | | | | | trabaja = Si
| | | | | | | | | | | vivePadre = Si: NP (129.0/3.0)
| | | | | | | | | | | tiempoTraslado > 60: NP (102.0/6.0)
promedioSecundaria > 8
| resultadoVisual > 58.33
| | resultadoVisual <= 60
| | | resultadoKinestesico <= 60
| | | | semestre <= 2: NP (66.0/2.0)
    
```

**Figura 2.- Reglas representativas generadas por J48 (Fuente: Elaboración propia)**

En la figura 2 se muestran las 10 hojas más representativas del árbol de decisión obtenido. Los atributos que influyen en la deserción de los estudiantes son el promedio de la secundaria, el semestre, el turno y la materia. Los estudiantes que obtuvieron 8 o menos en la secundaria tienen un alto riesgo de desertar en los primeros tres semestres, si cursan en el turno matutino tienen más riesgo de desertar si el resultado de su cuestionario de estilos de aprendizaje dio como resultado menor del 78.33% como auditivo, mientras que si cursan el turno vespertino y su tiempo de traslado al plantel es menor de 60 minutos entonces es la materia la que define si desertan o no. Las materias relacionadas con la deserción son Inglés I, Inglés II, Inglés III, Geometría y Trigonometría, Sistemas Operativos Ofimáticos, Sistema Electrónico del Automóvil, TICs y Lectura Expresión Oral y Escrita. Si el promedio de la secundaria es mayor a 8 también pueden desertar si el resultado del test de estilos de aprendizaje es entre 58.33% y 60% de visual y menor del 60% de kinestésico además de cursar los primeros dos semestres. Otros

atributos que definen el perfil de deserción son los resultados en el test de actitud en clase, perfil de nuevo ingreso y estilos de aprendizaje.

El algoritmo PART generó un modelo con un 89.4% de precisión con un total de 3792 instancias clasificadas correctamente y 447 incorrectas. Se obtuvieron 106 reglas de las cuales 11 respaldan la deserción de estudiantes. En la tabla 2 se muestran los resultados de la validación del modelo junto con la matriz de confusión donde se detalla el número de instancias que se clasificaron correctamente e incorrectamente de cada una de las clases.

**Tabla 3.-** Matriz de confusión de PART

CLASES	A	NA	NP	Predicción Correcta	Predicción incorrecta
<b>A</b>	<b>1127</b>	240	38	79.8%	4.8%
<b>NA</b>	136	<b>1252</b>	25	88.6%	8.8%
<b>NP</b>	0	0	<b>1413</b>	100%	2.2%

Las reglas más representativas del modelo se detallan en la figura 3. En este modelo los atributos que respaldan la deserción de los estudiantes son la materia, el tiempo de traslado al plantel, el resultado de los test de estilos de aprendizaje, condiciones externas, actitud de la clase y métodos de estudio personales. De acuerdo con el modelo los estudiantes que tienen más probabilidades de desertar son de los primeros dos semestres, tienen estilos de aprendizaje menor o igual del 63.3% visual, menor o igual de 65% de estilo kinestésico y cursan la materia de Sistemas Operativos Ofimáticos o Inglés II.

materia = MANTIENE EL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL AUTOMÁTICO DEL VIL AND resultadoActitudClase = BIEN AND escolaridadPadre = Preparatoria o bachillerato AND sostenEconomico = Padre o tutor: NP (70.0)

materia = DESARROLLA SOFTWARE DE APLICACION UTILIZANDO PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS AND edad > 15 AND escolaridadMadre = Secundaria: NP (66.0)

materia = DISEÑA Y ADMINISTRA BASES DE DATOS AVANZADAS: NP (61.0/1.0)

materia = MANTIENE EL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL AUTOMÁTICO DEL VIL AND resultadoCondicionesExternas = SUFICIENTE: NP (67.0)

resultadoVisual <= 63.33 AND resultadoKinestesico > 50 AND materia = INGLÉS III AND tiempoTraslado > 35: NP (96.0/2.0)

resultadoVisual <= 63.33 AND semestre <= 2 AND

resultadoKinestesico > 43.33 AND

tiempoTraslado > 60: NP (59.0/1.0)

materia = LECTURA, EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA I AND resultadoKinestesico <= 51.67: NP (83.0)

resultadoVisual <= 63.33 AND semestre <= 2 AND resultadoKinestesico <= 65 AND materia = INSTALA Y CONFIGURA SISTEMAS OPERATIVOS DE LA OFIMÁTICA AND resultadoCondicionesExternas = SUFICIENTE: NP (102.0)

semestre <= 2 AND resultadoVisual <= 63.33 AND resultadoAuditivo <= 65 AND genero = H AND tiempoTraslado <= 42 AND

promedioSecundaria > 7 AND resultadoKinestesico <= 58.33 AND materia = INGLÉS II: NP (119.0/1.0)

materia = INGLÉS II AND resultadoVAK = Auditivo AND tiempoTraslado > 42: NP (63.0)

tipoVivienda = Casa AND genero = H AND

resultadoAuditivo <= 50 AND resultadoMetodoPersonal = SUFICIENTE: NP (58.0)

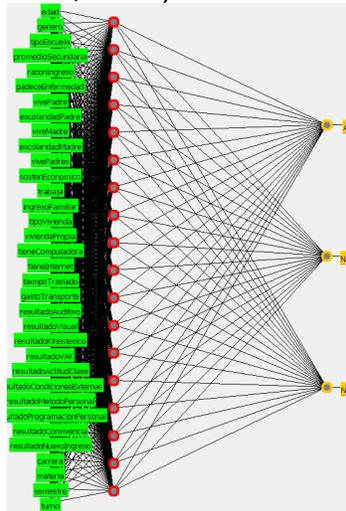
**Figura 3.-** Reglas representativas generadas por PART (Fuente: Elaboración propia)

La red neuronal generó un modelo de 90.2% de precisión con un total de 3827 instancias clasificadas correctamente y 412 incorrectas. En la tabla 4 se muestran los resultados de la validación del modelo junto con la matriz de confusión donde se detalla el número de instancias que se clasificaron.

**Tabla 4.-** Matriz de confusión de la red Neuronal (Fuente: Elaboración propia)

CLASES	A	NA	NP	Predicción Correcta	Predicción incorrecta
<b>A</b>	<b>1325</b>	78	10	93.8%	0.7%
<b>NA</b>	19	<b>1392</b>	2	98.5%	0.3%
<b>NP</b>	0	0	<b>1413</b>	100%	0.04%

En la figura 4 podemos observar la red neuronal la cual generó 18 nodos ocultos que respaldan la deserción de estudiantes. Este modelo no puede ser analizado como los anteriores debido a que las redes neuronales son cajas negras a nivel de interpretación (Miranda & Guzmán, 2017).

**Figura 4.-** Red neuronal Generada por WEKA (Fuente: Elaboración propia)

## Conclusiones

El conjunto de datos utilizados en este estudio presentó clases desbalanceadas, es decir, el número de instancias que representaba a las clases de deserción y no acreditación tenían poca representación con respecto al número de instancias de la clase de acreditación por lo que fue necesario modificar el conjunto de datos balanceando el número de instancias de las clases con la finalidad de obtener modelos que pudieran clasificar a todas las clases.

Se generaron tres modelos, árbol de decisión, reglas y red neuronal, de los cuales la red neuronal obtuvo mejores resultados en la predicción del atributo clase. Esta técnica funciona como una caja negra por lo que no es posible analizar a detalle el modelo generado por lo que es una desventaja al realizar una interpretación del mismo de forma completa, además de que es el clasificador tarda más tiempo en generarse ya que requiere más capacidad de procesamiento.

Por otro lado, la obtención del árbol de decisión y las reglas requirió mucho menos tiempo y obtuvieron menor precisión a la hora de predecir el resultado de aprovechamiento o deserción de los estudiantes. Ambos dieron como resultado modelos de fácil interpretación.

Según los datos obtenidos en estos dos últimos modelos los atributos que determinan si un estudiante deserta o no son principalmente académicos, principalmente el semestre y la materia. Si el estudiante cursa los primeros dos

semestres del bachillerato, el promedio de la secundaria es el atributo académico que más incide en el resultado de la predicción. Otros atributos aparecen en los modelos como lo son los estilos de aprendizaje, la actitud en clase y el método de estudio de cada estudiante que son características personales y el tiempo de viaje y la inversión en el transporte como características socioeconómicas.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios número 136 por permitir el uso de sus datos.

### Referencias

- Bakhshinategh, B., Zaiane, O. R., ElAtia, S., & Ipperciel, D. (2018). Educational data mining applications and tasks: A survey of the last 10 years. *Education and Information Technologies*, 23(1), 537–553. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9616-z>
- Deepashri, & Kamath, A. (2017). Survey on Techniques of Data Mining and its Applications. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, ISSN(62), 2278–9359. Retrieved from [https://www.ermt.net/docs/papers/Special\\_Issue/2017/ICETE/33p.pdf](https://www.ermt.net/docs/papers/Special_Issue/2017/ICETE/33p.pdf)
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases, 37–54.
- Frank, E., Hall, M. A., & Witten, I. H. (2016). *The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques."* (M. Kaufmann, Ed.) (Fourth). WEKA.
- Miranda, M. A., & Guzmán, J. (2017). Análisis de la deserción de estudiantes universitarios usando técnicas de minería de datos. *Formacion Universitaria*, 10(3), 61–68. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000300007>
- Peñalosa Castro, E. (2017). *Reflexiones, análisis y experiencias sobre la tutoría en la educación media superior*. Ciudad de México: Ediciones del Lirio.
- SEP. (2011). Sistema Nacional de Tutorías Académicas Educación Media Superior dimensión académica Documento base. SEP.
- Timaran-Pereira, R., Calderón-Romero, A., & Hidalgo-Troya, A. (2017). Aplicación de los árboles de decisión en la identificación de patrones de lesiones fatales por causa externa en el municipio de Pasto, Colombia. *Universidad y Salud*, 19(3), 388. <https://doi.org/10.22267/rus.171903.101>

# VOLTAJE DE RIZO EN LOS CIRCUITOS RECTIFICADORES DE MEDIA ONDA, ONDA COMPLETA Y POLIFÁSICOS.

**S. Espinoza-Salgado<sup>1</sup>, J. Á. Peña-Ramírez<sup>1</sup>, N. J. Ontiveros-Hernández<sup>1</sup>, M. H. Tiburcio-Zúñiga<sup>1</sup>, V. Bárcenas-Martínez<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Zacatepec, Depto. de Sistemas y computación, Calzada Tecnológico No. 27 Zacatepec, Morelos, México.

[socrates.es@itzacatepec.edu.mx](mailto:socrates.es@itzacatepec.edu.mx), [penita14@hotmail.com](mailto:penita14@hotmail.com), [norma.oh@itzacatepec.edu.mx](mailto:norma.oh@itzacatepec.edu.mx),  
[mario.tz@itzacatepec.edu.mx](mailto:mario.tz@itzacatepec.edu.mx), [venancio.bm@itzacatepec.edu.mx](mailto:venancio.bm@itzacatepec.edu.mx).

**Área de participación:** Ciencias de la computación

**Resumen:** Este artículo describe el análisis matemático y experimental (en simulación) sobre el comportamiento ante una carga eléctrica resistiva de los circuitos rectificadores de media onda, onda completa, trifásicos y/o polifásicos en general. El efecto principal que origina una carga eléctrica resistiva en circuitos rectificadores es el voltaje de rizo, el cual será analizado en este artículo.

## Introducción

A continuación, se desarrollará el análisis matemático para obtener las ecuaciones que describen el comportamiento del voltaje de rizo en los circuitos rectificadores de media onda, onda completa y polifásicos.

Para empezar el análisis se observará a la Figura 1, en la cual se muestra que el Voltaje de rizo tiene 2 comportamientos 1) Cuando se carga el capacitor y 2) Cuando se descarga.

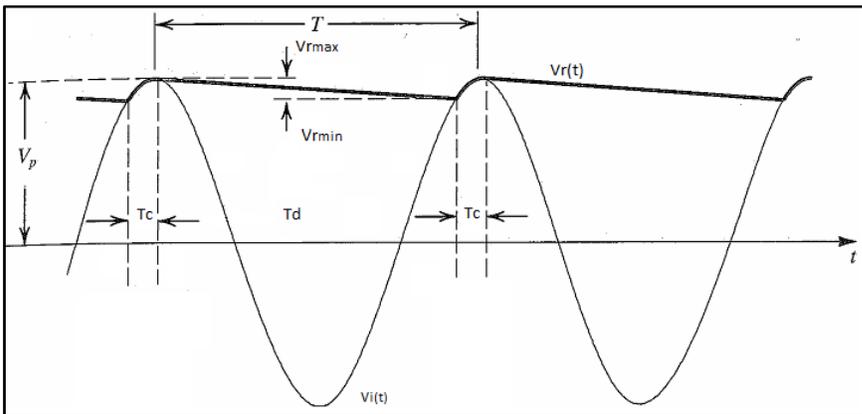


Figura. 1. Voltaje de rizo de un circuito rectificador de media onda.

**1) Carga del capacitor:** La carga del capacitor está descrita mediante la siguiente ecuación:

$$V_r(t) = V_p \cos(\omega_0 t + \theta) \quad (1)$$

Donde el ángulo de fase  $\theta$  vale 0.

**2) Descarga del capacitor:** La descarga del capacitor está descrita mediante la siguiente ecuación:

$$V_r(t) = V_p e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2)$$

De la Figura 1, se observa que:

$$T = T_c + T_d \quad (3)$$

Por lo tanto:

$$T_d = T - T_c \quad (4)$$

Pero  $T_c$  vale:

$$T_c = \frac{1}{\omega_0} \cos^{-1} \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right) \quad (5)$$

$$T_d = -RC \ln \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right) \quad (6)$$

Sustituyendo 5 y 6 en 4, tenemos:

$$-RC \ln \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right) = T - \frac{1}{\omega_0} \cos^{-1} \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right) \quad (7)$$

Despejando RC, se tiene:

$$RC = \frac{\frac{1}{\omega_0} \cos^{-1} \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right) - T}{\ln \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right)} \quad (8)$$

Recordando que:

$$\omega_0 = 2\pi f \quad y \quad T = \frac{1}{f}$$

Se obtiene finalmente:

$$C = \frac{\frac{1}{2\pi} \cdot \cos^{-1} \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right) - 1}{f \cdot R \cdot \ln \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right)} \quad (9)$$

O también se puede reescribir en forma general para circuitos polifásicos (n), debido a que el periodo T se mueve, de tal forma que la expresión general queda como:

$$C = \frac{\frac{1}{2\pi} \cdot \cos^{-1} \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right) - \frac{1}{n}}{f \cdot R \cdot \ln \left( \frac{V_{rmin}}{V_p} \right)} \quad (10)$$

En la ecuación 10 se aprecia la variable n, donde n indica si el circuito es de media onda (n=1), de onda completa (n=2), triásico (n=3) o polifásico etc...

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### Ejemplo 1:

Calcular el valor del capacitor C, para un circuito rectificador de media onda, para una fuente de voltaje con  $V_p=10$  volts y frecuencia de 60 Hz, el voltaje de rizo mínimo aceptable es de 0.5 volts, el circuito alimentará una carga eléctrica de 100  $\Omega$ .

Solución:

Sustituyendo valores y n=1, por ser un circuito rectificador de media onda, se obtiene un valor de C igual a 3085  $\mu\text{F}$ . El circuito simulado en Proteus se observa en la Figura 2.

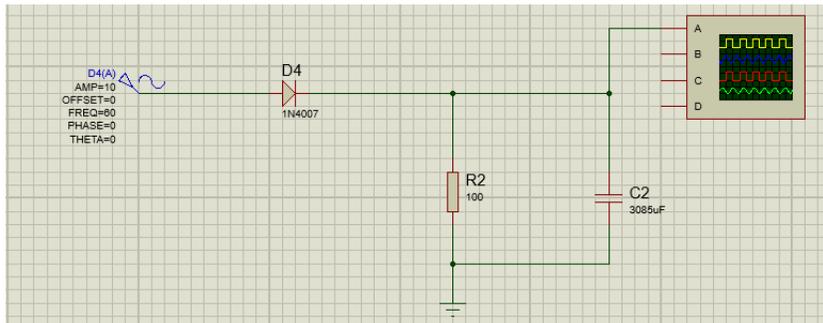


Figura. 2. Simulación en Proteus del circuito rectificador de media onda del ejemplo 1.

En la Figura 3, se observa en forma gráfica el resultado de la simulación en Proteus del ejemplo 1, en la cual se nota un voltaje de rizo pico a pico aproximadamente igual a 0.5 volts, por lo que se verifica con el valor del voltaje de rizo mínimo aceptable.

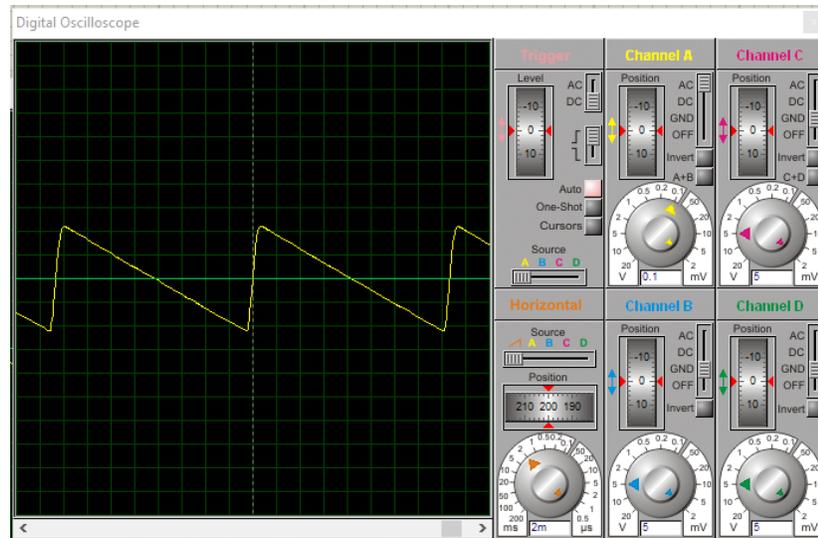


Figura. 3. Voltaje de rizo de un circuito rectificador de media onda del ejemplo 1, simulado en Proteus.

### Ejemplo 2:

Calcular el valor del capacitor C, para un circuito rectificador de onda completa, para una fuente de voltaje con  $V_p=10$  volts y frecuencia de 60 Hz, el voltaje de rizo mínimo aceptable es de 0.5 volts, el circuito alimentará una carga eléctrica de  $100 \Omega$ .

Solución:

Sustituyendo valores y  $n=2$ , por ser un circuito rectificador de onda completa, se obtiene un valor de C igual a  $1460 \mu\text{F}$ . El circuito simulado en Proteus se observa en la Figura 4.

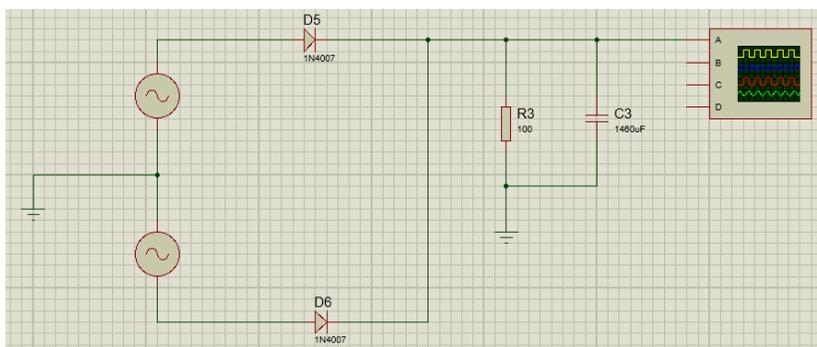


Figura. 4. Simulación en Proteus del circuito rectificador de onda completa del ejemplo 2.

En la Figura 5, se observa en forma gráfica el resultado de la simulación en Proteus del ejemplo 2, en la cual se nota un voltaje de rizo pico a pico aproximadamente igual a 0.5 volts, por lo que se verifica con el valor del voltaje de rizo mínimo aceptable.

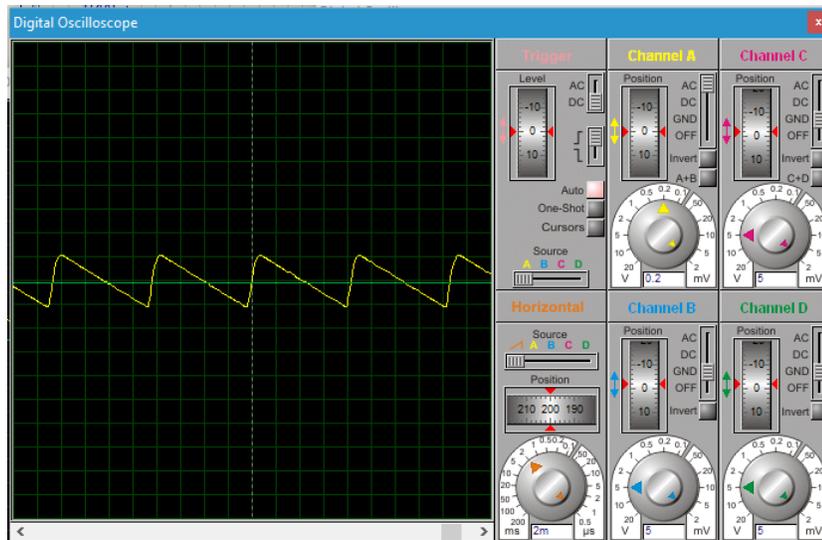


Figura. 5. Voltaje de rizo de un circuito rectificador de onda completa del ejemplo 2, simulado en Proteus.

### Ejemplo 3:

Calcular el valor del capacitor C, para un circuito rectificador trifásico, con un voltaje pico  $V_p=10$  volts y frecuencia igual a 60 Hz, el voltaje de rizo mínimo aceptable es de 0.5 volts, el circuito alimentará una carga eléctrica de  $100 \Omega$ .

Solución:

Sustituyendo valores y  $n=3$ , por ser un circuito rectificador trifásico, se obtiene un valor de C igual a  $918.8 \mu\text{F}$ . El circuito simulado en Proteus se observa en la Figura 6.

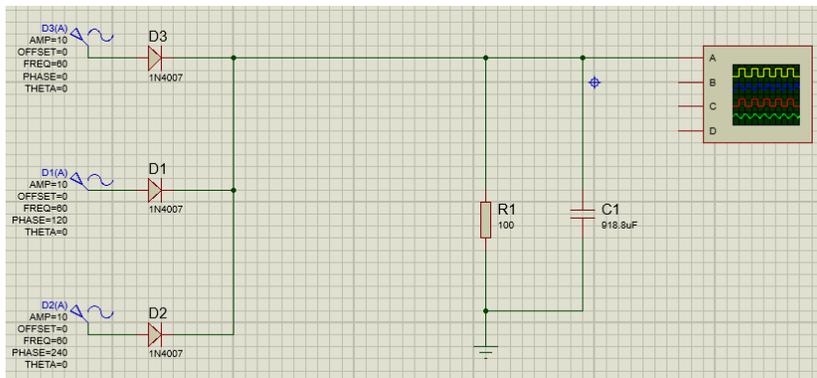


Figura. 6. Simulación en Proteus del circuito rectificador trifásico del ejemplo 3.

En la Figura 7, se observa en forma gráfica el resultado de la simulación en Proteus del ejemplo 3, en la cual se nota un voltaje de rizo pico a pico aproximadamente igual a 0.5 volts, por lo que se verifica con el valor del voltaje de rizo mínimo aceptable.

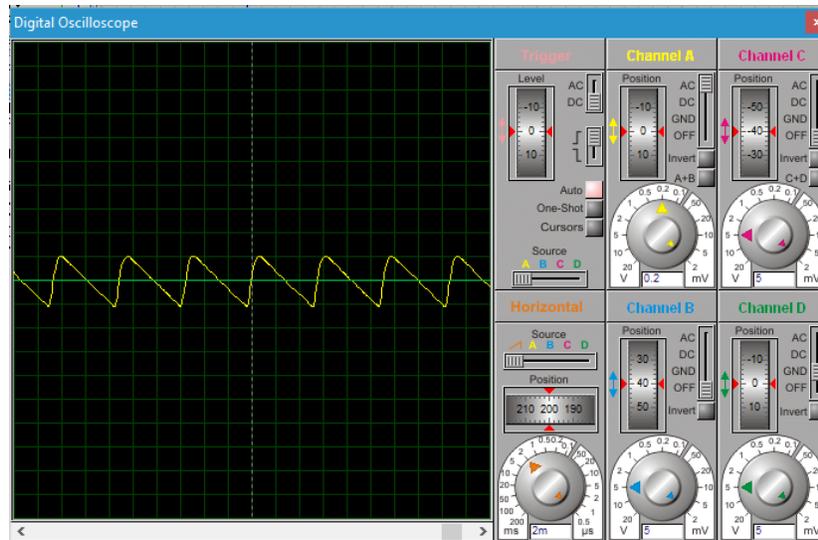


Figura. 7. Voltaje de rizo de un circuito rectificador trifásico del ejemplo 3, simulado en Proteus.

Comparando las Figuras 3, 5 y 7, se observa que los periodos del rizo son de  $T$ ,  $T/2$  y  $T/3$  respectivamente, donde  $T$  es el periodo fundamental de la señal  $V_i(t)$ .

### Resultados y Discusión

De la ecuación 10 obtenida, se observa que el valor de la capacitancia  $C$  depende de muchos factores, es decir es una función de  $V_{rmin}$ ,  $V_p$ ,  $f$ ,  $R$  y  $n$ , matemáticamente  $C=F(V_{rmin}, V_p, f, R, n)$ .

Por consiguiente, se pueden obtener muchas gráficas, como por ejemplo  $C$  vs  $V_{rmin}$ ,  $C$  vs  $f$ ,  $C$  vs  $R$  y  $C$  vs  $n$ .

Además de los resultados obtenidos y comparando las Figuras 3, 5 y 7, se observa que los periodos del rizo son de  $T$ ,  $T/2$  y  $T/3$  respectivamente, donde  $T$  es el periodo fundamental de la señal  $V_i(t)$  no rectificada.

Comparando las Figuras 3, 5 y 7, se observa que los periodos del rizo son de  $T$ ,  $T/2$  y  $T/3$  respectivamente, donde  $T$  es el periodo fundamental de la señal  $V_i(t)$ .

En la gráfica 8 se muestra el efecto de la capacitancia en función de  $V_{rmin}$ , en la cual se observa que, entre más grande es el voltaje de rizo menor es el valor del capacitor.

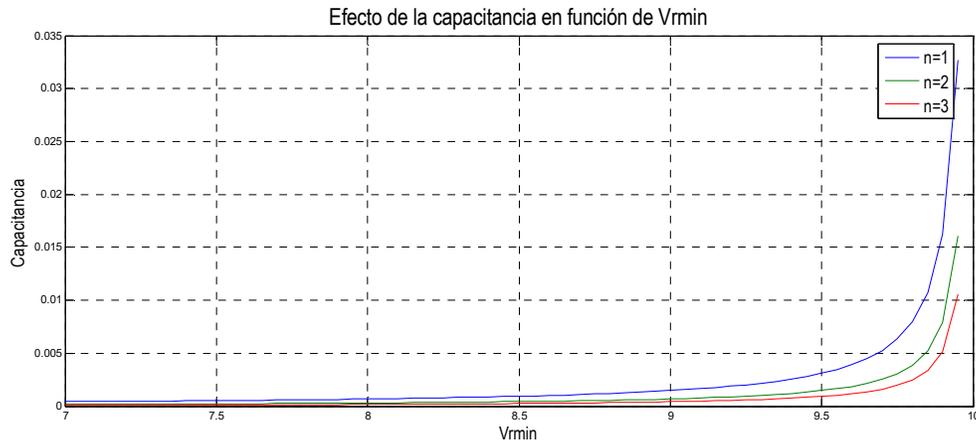


Figura. 8. Efecto de la capacitancia en función de Vrmin, para n=1, n=2 y n=3.

Y también se observa que entre más grande es el valor de n menor es el valor de C.

### Conclusiones

El artículo mostró un análisis matemático de forma detallada sobre el comportamiento del voltaje de rizo para los circuitos rectificadores de media onda, onda completa y trifásico y de manera general para circuitos polifásicos.

La ecuación que se obtuvo es importante ya que algunos libros de texto sólo ponen resultados parciales y no generales como en este caso de estudio.

### Referencias.

1. Boylestad, R. L., Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos. 6ª Edición. Pearson. 1997.
2. Malvino, A. P., Principios de electrónica. 7ª Edición. Mc. Graw-Hill, 2007.
3. Schilling, D. L. y Belove, C. Circuitos electrónicos discretos e integrados. Ed. Marcombo, 1982.

# APLICACIÓN MULTIPLATAFORMA PARA OBTENER EL INDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)

L. A. Gama-Moreno<sup>1</sup>, J. Flores Peña<sup>1</sup>, C. Martínez Hernández<sup>1</sup>,  
A. Ramírez-Molina<sup>1</sup>, A. Torres-Rangel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Km. 10 Carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zúñiga Jalisco, México-  
{lgama, oreynoso, aramirez, atorres, jltorres}@ittlajomulco.edu.mx}*

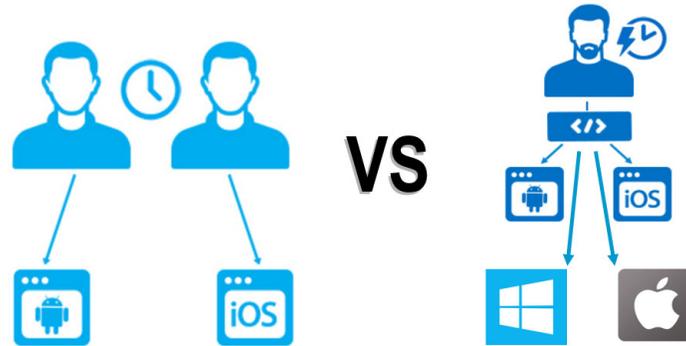
*Área de participación: Aplicaciones en Web y Ambientes Móviles*

**Resumen:** Desarrollar aplicaciones una vez y utilizarlas en múltiples plataformas ha sido un “sueño” para muchos desarrolladores de software. Ahora se ha hecho posible gracias a la aparición de herramientas de desarrollo multiplataforma tales como Xamarin, PhoneGap, Rad Studio, entre otros. En este artículo se presenta una aplicación diseñada para el sector agrícola denominada NDAVICam que puede ser ejecutada en dispositivos móviles basados en Android e iOS así como en computadoras de escritorio basadas en Windows y Mac OS. Se describe la metodología para generar código específico para cada plataforma a través de directivas del compilador y vistas para el diseño en los diferentes tamaños de pantallas de los dispositivos. Se presenta un caso de estudio con aplicabilidad para la agronomía donde usuarios sin experiencia en TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación) puedan hacer uso de estas tecnologías en cualquier tipo de dispositivo (en especial los teléfonos inteligentes) para determinar los niveles de salud en plantas en el mismo lugar sin tener que esperar para su procesamiento o de tener que llevar las imágenes a un centro de procesamiento de imágenes.

## Introducción

La aparición de la computación móvil dio origen a un nuevo paradigma en el campo del desarrollo de aplicaciones de software. La computación móvil ha traído grandes beneficios a los usuarios tales como: movilidad, conectividad y uso de herramientas que antes sólo estaban disponibles para equipos fijos (de escritorio). Las computadoras fijas han dejado de ser el medio preponderante para procesar y comunicar información, en la actualidad son comunes los dispositivos móviles como organizadores personales, computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, entre otros. El término “movilidad” ha tomado un nuevo significado debido a la combinación de equipos de cómputo portátiles y redes inalámbricas, dando como resultado la computación móvil, que permite el acceso a la información sin importar la ubicación geográfica.

Por tal motivo, se ha hecho imprescindible que la empresa pueda gestionarse desde cualquier dispositivo ya sea de escritorio, móvil o basado en web. Por esta razón, los profesionales deben ahora desarrollar aplicaciones multiplataforma si desean mantenerse en la vanguardia del desarrollo de software. Ya que resulta en un alto costo el tener un proyecto para cada plataforma (en diferentes lenguajes), que tener solamente un proyecto para múltiples plataformas desarrollado con un solo lenguaje (ver fig. 1).



**Figura 13 Panorama del desarrollo multiplataforma.**

Actualmente existen diferentes ambientes o plataformas de software que permiten desarrollar aplicaciones para diferentes sistemas operativos utilizando el mismo código con un solo lenguaje. En [4] se describe la plataforma de desarrollo Xamarin para Visual Studio con un código compartido del lenguaje de programación C#, para escribir aplicaciones móviles nativas para Android, iOS y Windows, y compartir código a través de múltiples plataformas, incluyendo Windows y macOS. Con Xamarin, es posible realizar en C# lo que se puede hacer en Objective-C, Swift o Java. En [11] se describe Adobe PhoneGap, que es un framework para el desarrollo de aplicaciones móviles. PhoneGap permite a los programadores desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles utilizando herramientas genéricas tales como JavaScript, HTML5 y CSS3. Las aplicaciones resultantes son híbridas, es decir que no son realmente aplicaciones nativas al dispositivo (ya que el renderizado se realiza mediante vistas web y no con interfaces gráficas específicas de cada sistema), pero no se tratan tampoco de aplicaciones web teniendo en cuenta que son aplicaciones que son empaquetadas para poder ser desplegadas en el dispositivo incluso trabajando con el API del sistema nativo. En [7] se describe una plataforma de desarrollo de aplicaciones “cross-platform” llamada Firemonkey de Embarcadero Tech., este framework se basa en Delphi y C++ Builder, utilizando C++ y/o Object Pascal para crear aplicaciones multiplataforma para Windows, MacOS, iOS y Android. En [9] se describe un nuevo motor multiplataforma con el objetivo de facilitar la creación de apps para móviles Android denominado “Intel Multi-OS Engine”, el cual se integra al IDE Android Studio y permite desarrollar aplicaciones en Java para crear aplicaciones nativas en Android e iOS.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección del fundamento teórico se describen las diversas formas de desarrollar aplicaciones multiplataforma pasando desde aplicaciones nativas hasta aplicaciones híbridas y basadas en scripts. En la sección de caso de estudio, se presenta una aplicación para el sector agrícola orientada a dispositivos móviles para obtener el índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI por sus siglas en inglés) para conocer el estado de salud de una sección del cultivo, denominada NDVICam. Y finalmente se presentan las conclusiones.

## Fundamento Teórico

En los últimos años el mercado de los dispositivos móviles, en especial Smartphones, ha mostrado un crecimiento notable en todo el mundo. En particular, las plataformas que más han crecido son Android e iOS [1]. Sin embargo, el principal reto para los proveedores de aplicaciones es proporcionar soluciones para todas las plataformas, pero esto conlleva un alto costo [14]: no es posible reusar el código fuente entre plataformas diferentes, multiplicando esfuerzos y elevando los costos de desarrollo, actualización y distribución de nuevas versiones.

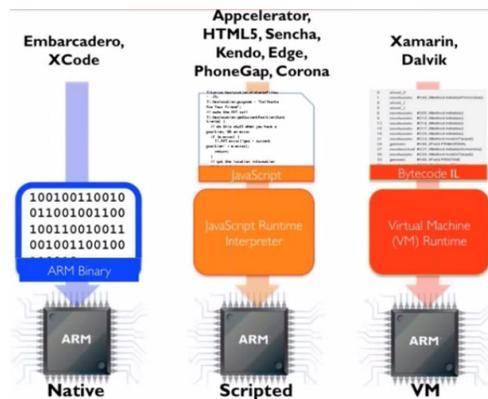
El desarrollo multiplataforma procura optimizar la relación costo/beneficio compartiendo la misma codificación entre las versiones para las distintas plataformas. Entre otras ventajas sobresalen: menor tiempo y costo de desarrollo; prestaciones similares a las nativas con acceso al hardware del dispositivo, y disponibilidad de entornos potentes de desarrollo (Delphi, Visual Studio, etc.) o; en su lugar, utilización de tecnologías (HTML5, Javascript y CSS) bien conocidas por los desarrolladores web quienes pueden trasladar sus conocimientos y experiencias al paradigma móvil. Sin embargo, el rendimiento de las aplicaciones y sus interfaces de usuario, pueden afectar la experiencia del usuario final.

Las aplicaciones multiplataforma pueden clasificarse en: aplicaciones web móviles, híbridas, interpretadas y generadas por compilación cruzada [17]. En la figura 2 se muestran las diferentes arquitecturas de aplicaciones generadas por los ambientes multiplataforma [10].

### Aplicaciones Web Móviles

Las Aplicaciones Web Móviles, diseñadas para ejecutarse dentro de un navegador, se desarrollan con tecnología web estándar (HTML, CSS y JavaScript), y cuentan con una serie de características favorables: no necesitan adecuarse a ningún entorno operativo, son independientes de la plataforma y su puesta en marcha es rápida y sencilla. Normalmente estas aplicaciones utilizan una tecnología denominada “web responsive” donde la interfaz es capaz de adaptarse a los diferentes tamaños de pantallas.

La desventaja, son sus tiempos de respuesta debido a la interacción cliente-servidor. Al mismo tiempo, resultan ser menos atractivas que las aplicaciones nativas ya que no se encuentran instaladas en el dispositivo, lo que implica acceder previamente a un navegador. Además, las restricciones de seguridad impuestas a la ejecución de código por medio de un navegador, limitan el acceso a todas las capacidades del dispositivo [15]. Asimismo, no es posible desarrollar aplicaciones web que corran en segundo plano ni tampoco aplicaciones offline, ya que es requisito disponer de una conexión a internet para su funcionamiento.



**Figura 14 Tipos de aplicaciones.**

## Aplicaciones Híbridas

Las aplicaciones híbridas utilizan tecnologías web (HTML, Javascript y CSS) pero no son ejecutadas por un navegador. En su lugar, se ejecutan en un contenedor web (webview), como parte de una aplicación nativa, la cual está instalada en el dispositivo móvil. Desde una aplicación híbrida es posible acceder a las capacidades del dispositivo, a través de diversas API.

Las aplicaciones híbridas ofrecen grandes ventajas permitiendo la reutilización de código en las distintas plataformas, el acceso al hardware del dispositivo, y la distribución a través de las tiendas de aplicaciones. Sin embargo, la experiencia de usuario se ve afectada al no utilizar componentes nativos en la interfaz, y la ejecución se ve ralentizada por la carga asociada al contenedor web. Existe una diversidad de frameworks que permiten desarrollar aplicaciones híbridas tales como: PhoneGap, CocoomJS, Ionic, Sencha Touch,

## Aplicaciones Interpretadas

Las aplicaciones interpretadas son implementadas utilizando un lenguaje base, el cual se traduce en su mayor parte a código nativo, mientras el resto es interpretado en tiempo de ejecución. Estas aplicaciones son implementadas de manera independiente de las plataformas utilizando diversas tecnologías y lenguajes, tales como Javascript, Java, Ruby y XML, entre otros. Una de las principales ventajas de este tipo de aplicaciones es que se obtienen interfaces de usuario totalmente nativas. Sin embargo, los desarrolladores experimentan una dependencia total con el entorno de desarrollo elegido. Algunos frameworks más utilizados para el desarrollo de aplicaciones interpretadas son: Appcelerator Titanium y NativeScript.

## Aplicaciones Generadas por Compilación Cruzada (Nativas)

Estas aplicaciones se compilan de manera nativa creando una versión específica de alto rendimiento para cada plataforma destino. Ejemplos de entornos de desarrollo para generar aplicaciones por compilación cruzada son Applause [2], Xamarin [16], Embarcadero Rad Studio (Delphi/C++ Builder) [6] y RubyMotion [12].

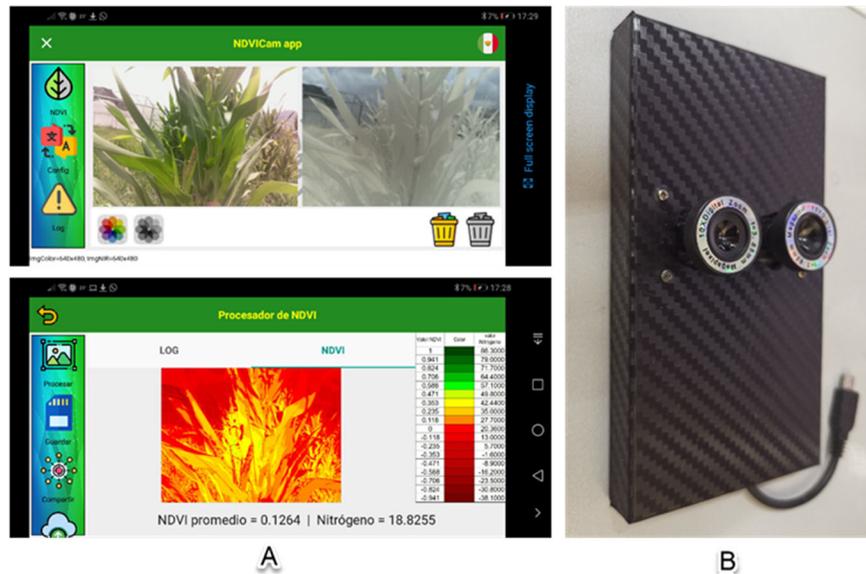
El entorno de desarrollo abierto Applause utiliza como entrada un lenguaje específico del dominio basado en el framework Xtext [18], diseñado explícitamente para aplicaciones móviles orientadas a datos, y genera código fuente en Objective C, Java, C# o Python.

### Caso de estudio

Una de las áreas que ha impactado las TICs es en el sector agrícola creando lo que hoy se conoce como Agricultura de Precisión (AP). La AP puede definirse como la aplicación de un conjunto de técnicas, apoyadas por equipamiento de alta tecnología, para el manejo de la producción agrícola en forma sitio-específica [8]. 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. Se apoya en el uso de varias herramientas tecnológicas dentro de las cuales destacan, los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores remotos, imágenes aéreas y/o satelitales junto con Sistemas de Información Geográfico (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones [8].

El NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición (por medio de sensores remotos) de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja [3]. El NDVI se calcula a partir de la luz visible e infrarroja cercana reflejada por la vegetación. La vegetación sana absorbe la mayor parte de la luz visible que la golpea, y refleja una gran parte de la luz infrarroja cercana. La vegetación no saludable o escasa refleja más luz visible y menos luz infrarroja cercana. La fórmula para obtenerlo es:  $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$ . Los cálculos de NDVI para un píxel dado siempre dan como resultado un número que va de menos uno (-1) a más uno (+1); sin embargo, ninguna hoja verde da un valor cercano a cero. Un cero significa que no hay vegetación y cerca de +1 (0.8 - 0.9) indica la mayor densidad posible de hojas verdes [13].

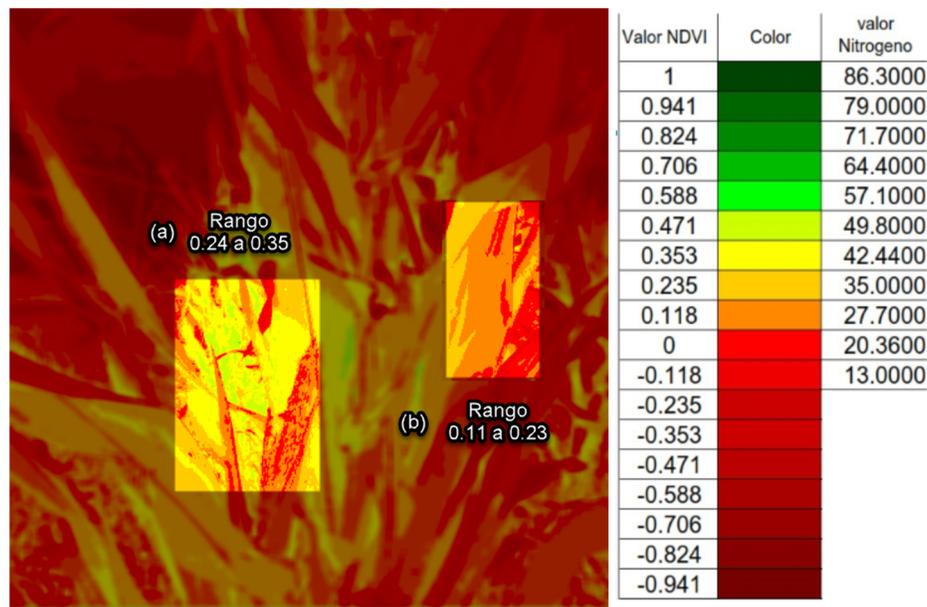
Para obtener este índice se desarrolló la aplicación denominada NDVICam, la cual se compone por dos elementos: i) una aplicación para dispositivos móviles desarrollada bajo el framework multi-plataforma denominada Firemonkey y generada para las principales plataformas móviles tales como Android e iOS (ver fig. 3-A), así como para aplicaciones de escritorio tales como Windows y Mac OS, y ii) una cámara dual modificada para capturar imágenes que consta de dos lentes, *uno modificado* para capturar imágenes del espectro infrarrojo (\*innovación) y otro lente normal para capturar los colores RGB (ver fig. 3-B).



**Figura 15 Elementos del sistema NDVICam.**

NDVICam procesa las imágenes RGB e Infrarroja (ver fig. 3-A superior), leyendo cada valor de pixel rojo de ambas imágenes. El resultado es una matriz de valores flotantes en el rango de -1 a +1 creando una imagen según la escala de colores conocida como “El rango de valores NDVI” (ver fig. 3-A inferior). El resultado de esta matriz es representado por un patrón de colores como el que se muestra en la figura 4, donde es posible visualizar las zonas con colores “rojizos” que indican que en esa región de la imagen no hay presencia de vegetación; y los colores “amarillentos” representan rangos de valores entre +0.2 a +0.3 (según valores en la gráfica de la figura 4) esa región de la planta presentaría deficiencias de nutrientes. Para que el agricultor pueda tener una percepción del estrés en la planta, se realizó una correlación de los valores obtenidos mediante el proceso del NDVI y un dispositivo medidor modelo SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) en plantas de fresa, arándano y aguacate con respecto a la clorofila y el nitrógeno total.

Finalmente, es recomendable medir las unidades NDVI en el cultivo de interés con diferentes hábitos de crecimiento, diferentes estados fenológicos y niveles de nutrición para obtener regresiones que puedan utilizarse en invernadero y campo.



**Figura 16 Relación NDVI con valores de Nitrógeno**

## Conclusiones

En este artículo se presentó una aplicación para obtener el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) directamente en los campos de cultivo (in situ), denominado NDVICam. NDVICam procesa dos imágenes obteniendo los valores correspondientes al color rojo de la imagen RGB y de la infrarroja conocido como NIR (Near Infrared) o infrarrojo. Estos valores se procesan para presentar el resultado en una escala de colores correlacionados con el índice NDVI y valores de Nitrógeno. Se presentaron las pruebas realizadas a dos imágenes del mismo objetivo en los espectros de RGB e Infrarrojo respectivamente, para determinar el nivel de salud de la planta. NDVICam está diseñado para funcionar en Android, iOS, Windows y Mac OSX. Con el proyecto NDVICam los agricultores podrán realizar una detección temprana de factores que afectan el crecimiento o nutrición de los cultivos.

## Agradecimientos

Este trabajo está desarrollado dentro del proyecto de investigación financiado por el Tecnológico Nacional de México (TECNM) titulado "AG-DRONE: Monitoreo de cultivos agrícolas basado en Drones" con clave: 5884.16-P, y desarrollado en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Jal.

## Referencias

- [1] Abhinay Puvvala, Amitava Dutta, Rahul Roy, and Priya Seetharaman, "Mobile Application Developers' Platform Choice Model," in 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, Hawaii, 2016.
- [2] applause. [Online]. <http://www.applause.com/>
- [3] Bhandari A. K. Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Case Study of Jabalpur City. Procedia Technology, 612 - 621. 2012.
- [4] CABOT. "12 Reasons why you should choose Xamarin". Cabot Technology Solutions Inc. White paper. 2018.

- 
- [5] Chaitanya Kaul, Saurav Verma. "A Review Paper on Cross Platform Mobile Application Development IDE". IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE) e-ISSN: 2278-0661,p-ISSN: 2278-8727, Volume 17, Issue 1, Ver. VI (Jan – Feb. 2015), PP 30-33. 2015.
- [6] Delphi. [Online]. <https://www.embarcadero.com/products/delphi>
- [7] Embarcadero. "FireMonkey in Depth: Components and Styles". Embarcadero Technologies. White paper. 2013.
- [8] Fountas, S., D.R. Ess, C.G. Sorensen, S.E. Hawkins, H.H. Pedersen, B.S. Blackmore, and J. Lowenberg-DeBoer. "Information Sources in Precision Agriculture in Denmark and the USA," A. Werner and A. Jarfe ed. Precision Agriculture: Proceedings of the 4th European Conf. on Precision Agriculture, J., 2003.
- [9] Intel. "Intel's Multi-OS Engine". Intel Corporation. White paper. 2016.
- [10] Lisandro Nahuel Delia. "Desarrollo de Aplicaciones Móviles Multiplataforma". Tesis. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata. Marzo 2017.
- [11] Nissar Mohammed. "5 Popular Hybrid Mobile App Toolkits – How do they compare?". Trigent Software. White paper. 2017.
- [12] RubyMotion. [Online]. <http://www.rubymotion.com/>
- [13] Sruthi, S., & Mohammed A, M. A. (2015). Agricultural drought ana. using the NDVI. Aquatic Procedia, 4, 1258–1264.
- [14] Tolety S.B Raj R., "A study on approaches to build cross-platform mobile applications and criteria to select appropriate approach," in India Conference (INDICON), 2012 Annual IEEE, India, 2012.
- [15] Tracy K.W., "Mobile Application Development Experiences on Apple's iOS and Android OS," Potentials, IEEE, vol. 31, no. 4, July-Aug 2012.
- [16] Xamarin. [Online]. [www.xamarin.com/](http://www.xamarin.com/)
- [17] Xinogalos Stelios, Xanthopoulos Spyros, "A Comparative Analysis of Crossplatform Development Approaches for Mobile Applications," in Proceedings of the 6th Balkan Conference in Informatics, Thessaloniki, Greece, 2013, pp. 213-220.
- [18] Xtext. [Online]. <http://www.eclipse.org/Xtext/>

# INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN BIORREACTOR DE TAMBOR DE ASPAS GIRATORIAS PARA FES

**J.A. Garcia-Rodriguez<sup>1</sup>, A. Olarte-Paredes<sup>2</sup>, L. villavicencio-Gómez<sup>3</sup>, F.J. Hernandez-Campos<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [12090584.isc@itzacatepec.edu.mx](mailto:12090584.isc@itzacatepec.edu.mx) <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, [alfredo.olarte@itzacatepec.edu.mx](mailto:alfredo.olarte@itzacatepec.edu.mx), <sup>3</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, [bvillavicencio\\_2000@itzacatepec.edu.mx](mailto:bvillavicencio_2000@itzacatepec.edu.mx) <sup>4</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, [francisco.hc@itzacatepec.edu.mx](mailto:francisco.hc@itzacatepec.edu.mx)

**Área de participación:** Aplicaciones en entornos web y móvil (ISC)

**esumen-** El proceso de fermentación en estado sólido ofrece muchos beneficios que han sido muy bien aprovechados en países de oriente donde existe un enorme campo de investigación, la mayor parte de patentes que actualmente son registradas vienen de ese lado del mundo, en este trabajo se plantean los puntos que se tomaran en cuenta para la instrumentación de un prototipo de biorreactor utilizando Internet of Things, con el objetivo de que sea utilizado para futuras investigaciones dando un pequeño empujón.

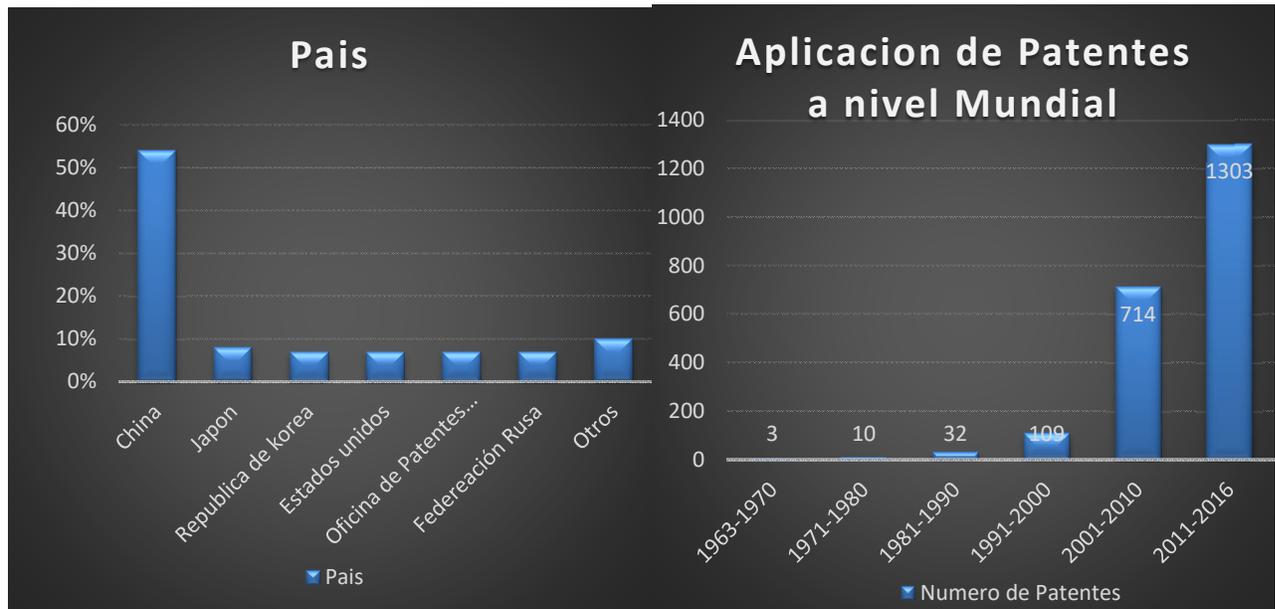
## Introducción

La fermentación funciona como cualquier otro proceso tiene variables y si estas son manipuladas apropiadamente se pueden obtener resultados óptimos donde se obtiene la mayor cantidad posible de producto de una cantidad limitada de materia prima y que permita al proceso ser reproducible, por otro lado, si las variables no son monitoreadas esto puede llevar a resultados impredecibles e incluso a fallos, donde equipos y/o recursos pueden salir perjudicados, la instrumentación ofrece las herramientas necesarias para medir y controlar las variables que afectan el desarrollo del proceso logrando obtener resultados satisfactorios además un control difuso ofrece un mejor rendimiento que un control clásico. En los últimos años se ha visto un creciente desarrollo tecnológico en Internet of things brindando funcionalidades donde antes no se imaginaba, gracias a esto y a las plataformas de desarrollo como arduino se pueden desarrollar sistemas electrónicos conectados a internet y si añadimos las plataformas en línea de servidores gratuitos como Googlecloud, Microsoft Azure, Amazon Web Services podemos crear sistemas de control y monitoreo con bases de datos para poder estudiar y mejorar procesos.

## Patentes e innovación recientes

Las patentes pueden ser usadas como fuente de información para todo tipo de tecnologías. Cuando una tecnología es patentada, conocimiento específico acerca de su novedad, inventiva y aplicación industrial debe ser revelada, además es posible inferir información indirecta acerca de la misma como su origen, historia y estado de desarrollo debido a requerimientos para que una patente sea otorgada, es posible decir que un documento de patente tiene la más nueva información comparado con el estado del arte. Además es presumible que una invención de patente tiene bien definida una aplicación industrial y está cerca de ser comercializada y disponible, cuando se combina con información complementaria, se provee una base para un amplio análisis de varias dimensiones de innovación,

como el rol de propiedad intelectual, rendimiento económico, emprendimiento y búsqueda de conexiones en desarrollo de ciencia y tecnología (Carlos Ricardo Soccol, 2017). En este contexto es importante analizar cualquier tecnología usando esta información.



**Figura 1: Distribución de patentes relacionadas con FES entre países que contribuyen más a esta tecnología.**

La primera invención de patente fue registrada en 1962 por Riker Laboratories inc. Hoy una compañía subsidiaria de 3M. Esta invención apuntaba a producir penicilinas libres de pirógenos y fue utilizada en terapias de inyección para combatir sensibilidad alérgica a la penicilina. De acuerdo a Pandey (2003) esta tecnología no fue usada en países de occidente hasta 1940, debido al desarrollo y buen uso de la Fermentación sumergida. FES se convirtió en objeto de estudio de 1950 en adelante, pero fue hasta final de los 1990s que el interés tecnológico se expandió, casi el 93% de las patentes a nivel mundial fueron realizadas después del 2001 como se ve en la Figura 2. Las tendencias del 2001 al 2016 es evidente que el número de aplicaciones es continuo, no ha habido ninguna disminución considerable en los registros desde el 2001, no se ha alcanzado algún pico y no hay ninguna señal de cambio, dado que el número de patentes aún sigue incrementándose (WIPO, 2016), La Figura 3 presenta la distribución relacionada a Patentes de FES llevadas por el tratado de cooperación de patentes (PCT) un sistema utilizado para aplicación de patentes internacional. La FES ha sido utilizada en china para producción de alimentos y bebidas desde hace miles de años y aun continua siendo relevante a la fecha, más del 80% de alimento y bebidas

fermentadas como la salsa de soja, vinagre, sufu, salsa de langosta y hongos producida en china se hace mediante FES (D. Liu, 2004; Wei, 2001).

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Diseño de software

El sistema propuesto se diseñó de la siguiente manera:

- Un cliente Local en el reactor con un módulo ESP32
- Un Servidor web
- Y un cliente multiplataforma.

Para cada caso se aplican algunas consideraciones especiales y algunas que aplican a los tres puntos en la ilustración se observa el diagrama de bloques del sistema.

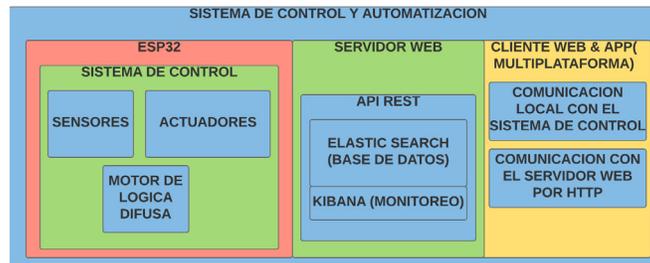


Figura 2: diagrama de bloques del sistema

### Cliente Local

En el reactor se encuentra un dispositivo electrónico que nos permite censar las condiciones del reactor además de aplicar cambios a algunas condiciones-

La placa de desarrollo fabricada por espressif denominada ESP32 fue utilizada debido a que es compatible con el IDE de desarrollo para arduino y entre sus características principales incluye un módulo Wifi, Bluetooth y dos núcleos para procesamiento, estas características lo hicieron ideal para el proyecto, por la conectividad con internet y su procesador además de su bajo coste.

### Modelo de datos

Para el Manejo de los datos dentro del sistema se plantearon varias estructuras de datos que nos permiten almacenar y consultar la información entregada por los sensores y la información asignada por el usuario. El modelo de datos se muestra en la siguiente tabla

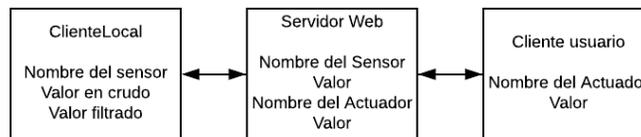


Figura 3: estructuras de datos del sistema

## Secuencia del cliente Local

El Esp32 (espressif, 2018) Cuenta con un sistema operativo llamado FREERTOS que permite la asignación de tiempos de reloj a tareas entre otras muchas cosas. Gracias a esto se puede procesar tareas en paralelo, se describen en los siguientes puntos:

Actuadores: Asigna los valores de las estructuras de datos al sistema de control para que se activen los actuadores.

Sensores: lee cada uno de los sensores y guarda los datos en una estructura de datos para después pasarlos por un filtro de Kalman y estén listos para ser enviados

Calentador: Un ciclo infinito que mantiene un pulso PWM en la resistencia para llevarla a la temperatura deseada

Motor a pasos: Un ciclo infinito que da cada paso para el motor a pasos

Web: envía cada 60s un mensaje POST al servidor con los datos filtrados de los sensores y consulta cada 60s los datos de las condiciones deseadas en la plataforma Web

## Diseño eléctrico

El sistema de control es un circuito eléctrico que se diseñó de manera modular y escalable para poder utilizarse en otras aplicaciones donde se requiera control, el prototipo se elaboró en una placa perforada para un rápido testeado, donde los sensores y actuadores pueden conectarse y desconectarse para poder sustituir cualquier componente en caso de que se deteriore, se dañe o se detecte alguna falla.

## Sensores y actuadores

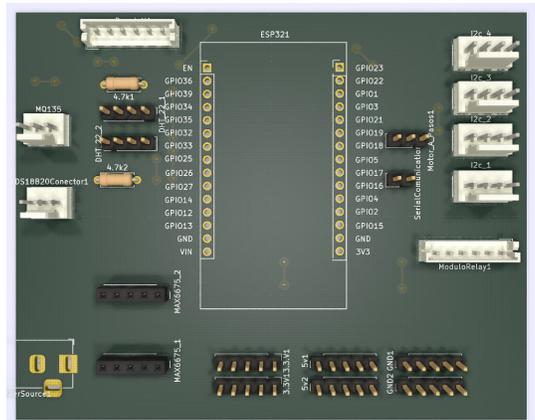
La placa elaborada cuenta con conexiones GND,5V, 3.3v y los sensores y actuadores listados a continuación, se puede observar el modelo 3D de la placa en la figura 3.

Sensores:

- 2 DHT22
- 2Max6675
- 10 DS18B20
- 1 MQ135(CO2)
- BUS I2C para un sensor de Temperatura infrarrojo

Actuadores:

- Motor a pasos
- Controlador de la celda de Peltier
- Módulo de relevadores



**Figura 4: Diseño 3D de la placa**

### Control de Temperatura

El problema más grande al que se enfrentan cuando se habla sobre fermentación en estado sólido son los gradientes de temperatura, la biomasa en el interior del reactor comienza a generar calor y este es difícil de disipar, la acumulación del calor genera estrés en los microorganismos y estos reducen su rendimiento al consumir su energía para compensar las condiciones ambientales y tratar de sobrevivir, en lugar de usarla para producir el metabolito deseado para lograr un control de temperatura uniforme en la estructura del reactor se ha diseñado un sistema de refrigeración utilizando tubería de cobre en la cual fluiría un líquido a la temperatura deseada.

Dicho sistema controla la temperatura del agua utilizando una resistencia y una celda de peltier, por su capacidad de generar diferencias de temperatura, y transportar el calor de una de sus caras a la otra, también se controla la temperatura del aire de la misma manera.

### Control de Humedad

La humedad del aire que entra en el reactor será controlada utilizando un atomizador de agua digital. Se diseñó una pequeña capsula donde se encuentra el atomizador, un compresor de aire envía el flujo de aire a un filtro, después pasara por el control de temperatura, a la capsula de humidificación y finalmente entrara al reactor para humedecer la biomasa y ayudar a la transferencia de calor. El reactor tiene un escape por donde el aire puede salir.

### Control de RPM

Dado que la velocidad de rpm que se requieren para a fermentación es variable y lenta se optó por utilizar un Nema17 por su capacidad de torque a bajas rpm

### Diseño del reactor

El sistema de control del reactor se diseñó de la siguiente manera:

1. El contenedor de agua que mantendrá una temperatura constante.  
Figura 4

2. Una espiral de cobre rodeando el biorreactor para fluir agua y así transportar el calor al reactor o del reactor para poder refrigerar o aplicar calor según sea el caso. Figura 4
3. Un sensor de temperatura infrarrojo en la tapa para monitorear la temperatura interna, así como la temperatura del aire dentro reactor. Figura 4
4. Diversos sensores de temperatura para poder mostrar una representación gráfica de las temperaturas del reactor en sus diferentes áreas. Figura 4
5. Compresor de aire para bombear aire al interior del reactor con un filtro de fibra de vidrio para evitar contaminación. Figura 5
6. Una capsula donde un atomizador humedecerá el aire y una celda de peltier se usará para controlar la temperatura del aire. Figura 5
7. Una segunda capsula donde se medirá la humedad, la temperatura del y aire los niveles de CO<sub>2</sub> al entrar el aire en el reactor. Figura 5
8. Flujo metro para medir el caudal del aire Figura 5
9. Un escape por donde se medirá la humedad, el nivel de CO<sub>2</sub> y los niveles de O<sub>2</sub> en el aire Figura 5
10. Reserva de agua para reponerla en caso de que los niveles bajen demasiado. Figura 4

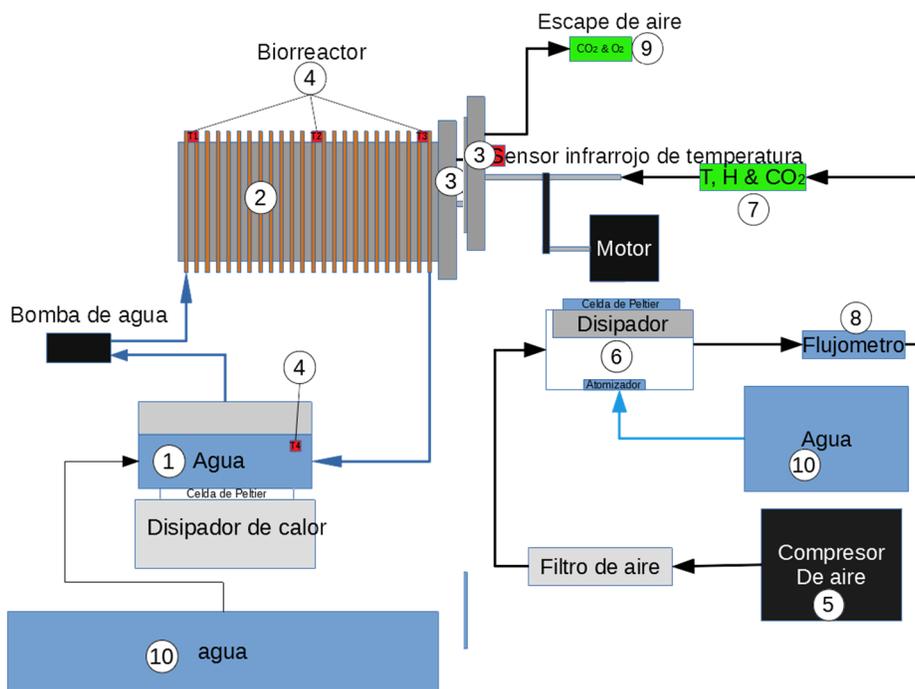


Figura 5: Esquema del reactor 1

Figura 6: esquema del reactor 2

### Control digital local

Para el control local del reactor se necesita utilizar un micro controlador para leer los datos de los sensores y activar los actuadores, dado que el tiempo de respuesta

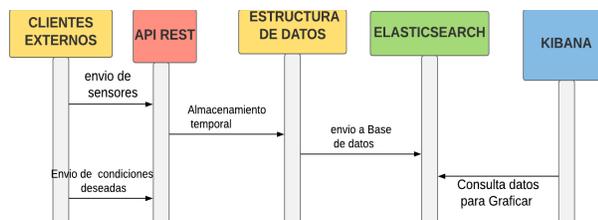
requerido para los actuadores no es alto se utiliza una técnica de multiplexado para reducir la cantidad de micro controladores necesarios y así reducir costos. Se utilizó un Esp32 para poder dejar el reactor completamente aislado y disminuir así el riesgo de contaminación durante la fermentación, el proceso de control se describe a continuación.

1. El esp32 se encontrará en el reactor con todos los sensores y actuadores necesarios, de manera consecutiva se leen y almacenan los datos de los sensores de un momento dado en una estructura de datos.
2. El Esp32 consulta los datos asignados en web para las condiciones deseadas y junto con los datos de los sensores se envían al motor de lógica difusa para obtener los valores de los actuadores.
3. El esp32 envía los datos a elasticsearch para almacenarlos de manera permanente y que puedan ser monitoreados de manera remota y en tiempo real.
4. Finalmente, se podrá consultar con una aplicación el estado del reactor y se podrán modificar las condiciones deseadas

Una Api rest desarrollada en .net fue utilizada en el servidor para recibir los datos de los sensores y de los actuadores de manera temporal en una estructura de datos donde después se insertan a una base de datos para almacenarlos de manera permanente.

### Filtro de Kalman

En el control e instrumentación es necesario considerar los errores de medición para cada sensor, existen diferentes tipos de filtros, pero uno de los más utilizados en la actualidad es el filtro de kalman. Fue desarrollado por Rudolf E. Kalman en 1960, utiliza un algoritmo recursivo que selecciona automáticamente el valor de realimentación de error de manera óptima, lo que le permite correr en tiempo real usando las mediciones actuales, el estado calculado previamente y su matriz de incertidumbre. Durante el desarrollo se detectó ruido en los sensores y después de una búsqueda se decidió implementar un filtro de kalman por sus cualidades en la ilustración se puede observar los datos en crudo de un sensor de temperatura y los datos arrojados por el filtro de kalman demostrando una mejora notable en la curva de los datos.



**Figura 7: esquema del funcionamiento de la ApiRest**

### Herramientas de Monitoreo

La fermentación en estado sólido al ser un proceso que dura varias semanas se hace necesario registrar las condiciones de las variables para poder analizar el comportamiento y comprender mejor las condiciones de trabajo. Así que se diseñó

un sistema web que permite observar y registrar los experimentos para su detallado análisis. Como punto de partida se utiliza Elasticsearch para guardar los registros del reactor y kibana para desplegarlos gráficamente.

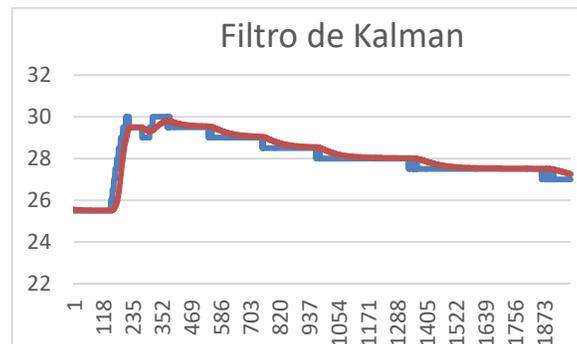


Figura 8: Datos de sensor de temperatura DS18B2, en crudo y filtrados

### Elasticsearch

Es un motor de búsqueda orientado a documentos JSON estructurados sin schemas, desarrollado en JAVA de código abierto (Elasticsearch, Open Source Search & Analytics · Elasticsearch, 2014), una de las principales características es que nos permite tener una arquitectura distribuida, escalable y de alta disponibilidad. Ideal para los proyectos en donde trabajemos con big data. Se ejecuta en un servidor remoto que permite almacenar los datos del reactor que se guardan como un estado en un momento determinado almacenando las condiciones del reactor con una marca de tiempo, permitiendo así realizar el análisis de los datos del reactor.

### Kibana

Es una ventana al stack de Elastic. Posibilita la exploración visual y análisis en tiempo real de los datos en Elasticsearch (Elasticsearch, Kibana: Explore, Visualize, Discover Data, s.f.), al ser una herramienta desarrollada para elastic cuenta con integración nativa y nos facilita el análisis, se configuro un dashboard para ver un resumen de los registros de una corrida de experimentos. Se puede observar en tiempo real y en intervalos de tiempo específicos además de que permite hacer análisis probabilísticos de los datos.

### Amazon web services

El sistema web se ejecuta en una máquina virtual de Amazon donde el coste por su uso es gratuito y nos ofrece la licencia de Windows server para poder instalar nuestro servicio. De ser necesario el sistema en ASP (.NET) puede ser instalado en sistemas Linux con el servidor Nginx para evitar la necesidad de una licencia, se decidió usar Amazon en lugar de Google o Microsoft debido a que este ocupa el 70% del mercado y aun que todos ofrecen básicamente lo mismo un servicio de hosting gratuito, existe más documentación sobre el funcionamiento de la plataforma debido a la comunidad online altamente activa.

## Resultados y Discusión

Se ha logrado implementar un sistema de control con un filtro de Kalman que se conecta a web mediante un api Rest en .Net a una base de datos para poder analizar y monitorear los datos en tiempo real, el trabajo aún se encuentra en desarrollo pues se desea implementar un controlador difuso para optimizar el rendimiento además de una aplicación multiplataforma que permita la gestión de las condiciones deseadas en el reactor.

## Conclusiones

El presente trabajo representa una de las diversas aplicaciones que se le puede dar al internet de las cosas, el diseño del sistema y los diseños de electrónica se pueden implementar en distintos tipos de proyectos donde se requiera control y monitoreo de variables pues solo es necesario cambiar los sensores para poder monitorear lo que se desee. Además de que al usar plataformas de open source (Arduino, elasticsearch kibana) para su desarrollo evita que se tengan que cubrir costos de licenciamiento por el uso de dicho sistema de control.

## Agradecimientos

Debo agradecer al apoyo de diversas personas involucradas con el desarrollo a mi compañero christan pues gracias a su organización siempre he tenido las herramientas que necesito en el laboratorio a la mano, al Dr. Alfredo Olarte que me explico conceptos de control que utilice durante el desarrollo, al Dr. Francisco Javier por darme la confianza de trabajar en su proyecto y por explicarme los conceptos biológicos de la fermentación, y a mis compañeros de licenciatura, Kevin y Carlo que aun que no tenían la obligación ni necesidad estuvieron apoyando con cosas la elaboración de placas, cables y cosas que tomaba tiempo elaborar Gracias.

## Referencias

- Carlos Ricardo Soccol, E. S. (2017). Recent developments and innovations in solid state fermentation. *Biotechnology Research and Innovation*.
- Chia-JuiChiang, J.-L.-C. (2013). *The Ensemble Kalman Filter: theoretical formulation and practical implementation*.
- D. Liu, Y. Z. (2004). Chinese vinegar and its solid-state fermentation process. *Food Reviews International*, 407-424.
- Elasticsearch. (s.f.). *Kibana: Explore, Visualize, Discover Data*. Obtenido de <https://www.elastic.co/products/kibana>
- Elasticsearch. (2014). *Open Source Search & Analytics · Elasticsearch*. Obtenido de <https://www.elastic.co>
- espressif. (2018). *ESP32 Overview*. Obtenido de <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>
- Wei, X. (2001). Chin Condiment A milestone of condiments administration with industrial standard. *Chin Condiment*, 3-8.
- WIPO. (2016). *International Patent Classification Version 2016: Guide to the IPC*.

# ARQUITECTURA DE UN DATA WAREHOUSE PARA ANÁLISIS DE INDICADORES DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

M. López-Nava<sup>1</sup>, F.J. Cartujano-Escobar<sup>1,2</sup>, C. Nogueron-González<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
misael.in@itzcatepec.edu.mx, francisco.ce@itzcatepec.edu.mx, claudia.ng@itzcatepec.edu.mx*  
<sup>2</sup>*División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada  
Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México*

**Área de participación:** *Tecnologías para grandes Bases de Datos (ISC)*

## Resumen:

El presente trabajo tiene por objetivo diseñar una arquitectura de *Data Warehouse* (DW) para el análisis de indicadores de desempeño del Tecnológico Nacional de México (TecNM) considerando los elementos de una arquitectura de tres capas, integrada por las fuentes de datos, el almacén de datos (el DW corporativo) y los *data marts* implementados por cubos datos OLAP, todo esto con la finalidad de obtener información determinante para el proceso de toma de decisiones. El diseño del DW contempla el almacenamiento y procesamiento de 22 indicadores agrupados en seis objetivos definidos en el Programa Institucional de Innovación y Desarrollo (PIID) 2013-2018 del TecNM, los cuales corresponden a valores obtenidos anualmente desde 2013 hasta 2017 de 122 institutos tecnológicos. Con esta información se pretende conocer el grado de cumplimiento por indicador, por objetivo, por el sistema en general versus institución, estado, región y nivel nacional, durante el periodo comprendido entre 2013 y 2018. Todo lo anterior con el fin de obtener información útil para la evaluación de las políticas educativas implementadas por el TecNM.

## Introducción

El Tecnológico Nacional de México (TecNM), es la institución de educación superior tecnológica más grande Iberoamérica, está constituido por 254 instituciones, todas ellas comparten objetivos e indicadores que proyectan su propio desarrollo y el de todo el sistema, de acuerdo al grado de cumplimiento de los mismos.

Los objetivos que atiende el TecNM, están definidos en el Programa Institucional de Innovación y Desarrollo (PIID) 2013-2018 del TecNM, los cuales están orientados hacia el cumplimiento de los objetivos del Programa Sectorial de Educación 2013-2018, documento emanado de la Secretaría de Educación Pública. Estos objetivos son: 1) Fortalecer la calidad de los servicios educativos, 2) Incrementar la cobertura, promover la inclusión y la equidad educativa, 3) Promover la formación integral de los estudiantes, 4) Impulsar la ciencia, tecnología e innovación, 5) Consolidar la vinculación con los sectores público, social y privado; y 6) Modernizar la gestión institucional con transparencia y rendición de cuentas. (López-Nava. Et al., 2018)

De acuerdo con (Wyatt, 1994), un indicador es una estadística sintética sobre el estado actual de un sistema educativo. Para el (Special Study Panel on Indicators, 1991), un indicador: 1) es una estadística que mide nuestro bienestar colectivo; 2) mide la salud de un sistema; 3) ofrece información sobre un rasgo significativo del sistema; 4) incluye algún estándar contra el cual puede juzgarse si hay progreso o retroceso; y 5) es relevante para la toma de decisiones.

La tabla No. 1 muestra los objetivos del TecNM y sus respectivos indicadores.

Tabla 1. Indicadores por objetivo del PIID 2013-2018 del TecNM

No.	Objetivo	No.	Indicador
1	Calidad de los servicios educativos	1.1	Porcentaje de estudiantes de licenciatura inscritos en programas acreditados o reconocidos por su calidad.
		1.2	Porcentaje de profesores de tiempo completo con posgrado
		1.3	Porcentaje de profesores de tiempo completo con reconocimiento del perfil deseable
		1.4	Porcentaje de estudiantes inscritos en algún curso o programa de enseñanza de lenguas extranjeras
2	Cobertura, inclusión y equidad educativa	2.1	Matrícula del nivel licenciatura
		2.2	Matrícula en posgrado
		2.3	Matrícula en educación no escolarizada –a distancia– y mixta
		2.4	Eficiencia terminal
3	Formación integral	3.1	Porcentaje de estudiantes que participan en actividades de extensión: artísticas, culturales y cívicas
		3.2	Porcentaje de estudiantes que participan en actividades deportivas y recreativas
4	Ciencia, tecnología e innovación	4.1	Porcentaje de programas de doctorado escolarizados en áreas de ciencia y tecnología registrados en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad
		4.2	Profesores de tiempo completo adscritos al Sistema Nacional de Investigadores
		4.3	Proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación
		4.4	Estudiantes de licenciatura y posgrado que participan en proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación
5	Vinculación	5.1	Registros de propiedad intelectual
		5.2	Porcentaje de egresados incorporados al mercado laboral
		5.3	Proyectos vinculados con los sectores público, social y privado
		5.4	Estudiantes que participan en proyectos vinculados con los sectores público, social y privado
		5.5	Empresas incubadas a través del modelo institucional de incubación empresarial
		5.6	Estudiantes que participan en el Modelo Talento Emprendedor
6	Gestión institucional, transparencia y rendición de cuentas	6.1	Personal directivo y no docente capacitado
		6.2	Institutos, unidades y centros certificados

Dada la cantidad de información recolectada durante del periodo 2013-2018, considerando los 22 indicadores que son comunes para las 254 instituciones, en un ejercicio de captura anual, es de vital importancia el almacenamiento adecuado y la recuperación inmediata de una forma ordenada y con los valores esperados, esta situación motivó a diseñar y proponer una arquitectura de un *Data Warehouse* para cumplir con este cometido.

(Inmon, 2002), define un *Data Warehouse* o almacén de datos como una gran colección de datos que tiene las características de ser orientados a entidades, integrados, no volátiles y con un tratamiento especial de tiempo, cuya finalidad es el de apoyar el proceso de toma de decisiones en los negocios. En este sentido la información cobra especial relevancia por la importancia de su ámbito, los mecanismos para su almacenamiento adecuado y las técnicas de recuperación para su consulta y recuperación inmediata.

La arquitectura de un *Data Warehouse* queda establecida de acuerdo al número de capas de datos que están involucradas en todo el sistema. Dependiendo del número de capas de datos, los *Data Warehouses* pueden ser clasificados de acuerdo a tres tipos:

a) de una capa: en esta arquitectura existe una sola capa de datos. Dicha capa de datos está representada por la base de datos operacional. Esta única capa de datos sirve para dos propósitos: 1) para almacenar los datos del (los) sistema(s) operacional(es) y realizar procesamiento transaccional (OLTP) y 2) para realizar procesamiento analítico (OLAP) para el soporte a la toma de decisiones.

b) de dos capas: en esta arquitectura existen dos capas de datos. La primera está representada por la base de datos operacional, la cual nos permite realizar procesamiento OLTP de las aplicaciones operacionales. La segunda capa, generada a partir de los datos de la base de datos operacional, nos permite realizar procesamiento OLAP para el soporte a la toma de decisiones. Es común que haya más de una base de datos que representen la segunda capa de datos.

c) de tres capas: En esta arquitectura existen tres capas de datos. La primera es la base de datos operacional (teniendo la misma función que en la arquitectura de dos capas). La segunda capa, es una base de datos altamente integrada y consistente que representa la única fuente de datos autorizada para obtener datos para la realización de procesamiento analítico. Y la tercera capa, que puede consistir de distintas bases de datos físicas, llamados *Data Marts*, generadas a partir de la segunda capa de datos, nos permite realizar procesamiento analítico para las distintas áreas de un corporativo.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

(Kimball,1996) establece una metodología que es considerada una de las técnicas favoritas a la hora de construir un *Data Warehouse*. En esta metodología, también denominada Modelo Dimensional, se constituyen modelos de tablas y relaciones con el propósito de optimizar la toma de decisiones, con base en las consultas hechas en una base de datos relacional que están ligadas con la medición o un conjunto de mediciones de los resultados de los procesos de un determinado negocio. El Modelo Dimensional es una técnica de diseño lógico que tiene como objetivo presentar los datos dentro de un marco de trabajo estándar e intuitivo, para permitir su acceso con un alto rendimiento. Cada Modelo Dimensional está compuesta por una tabla con una llave combinada, llamada tabla de hechos, y con un conjunto de tablas más pequeñas llamadas tablas de dimensiones. Los elementos de estas tablas se pueden definir de la siguiente manera:

Hechos: es una colección de piezas de datos y datos de contexto. Cada hecho representa una parte del negocio, una transacción o un evento.

Dimensiones: es una colección de miembros, unidades o individuos del mismo tipo.

Medidas: son atributos numéricos de un hecho que representan el comportamiento del negocio relativo a una dimensión.

Cada punto de entrada a la tabla de hechos está conectado a una dimensión, lo que permite determinar el contexto de los hechos. Una base de datos dimensional se puede concebir como un cubo de tres o cuatro dimensiones (OLAP), en el que los usuarios pueden acceder a una porción de la base de datos a lo largo de cualquiera de sus dimensiones.

Dado que es muy común representar a un modelo dimensional como una tabla de hechos, rodeada por las tablas de dimensiones, frecuentemente se le denomina también modelo estrella.

Para el objeto de estudio de este documento, se propone un análisis de los indicadores enmarcados en el Programa Institucional de Innovación y Desarrollo (PIID) 2013-2018 del Tecnológico Nacional de México (TecNM), que permita conocer el nivel de alcance de los objetivos en los que se encuentra clasificados, con respecto al año 2018, y a su vez tener una visión clara del avance en los mismos y su posible desatención de algunas de las acciones, también plasmadas en el PIID 2013-2018 del TecNM.

Lo que se pretende medir es el grado de cumplimiento de cada uno de los indicadores a nivel TecNM, por región, por estado y por institución, además de poder también identificar cuál de los seis objetivos es el de mayor cumplimiento y el de menor, también poder obtener el cumplimiento de un indicador individual, todo con respecto al valor meta establecido en el PIID 2013-2018, planteado al año 2018. De lo anterior se podrían proponer las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el grado de cumplimiento general de los indicadores del TecNM en el periodo?
2. ¿Cuál es el objetivo con un desempeño más allegado al valor meta 2018?
3. ¿Cuál es el indicador que se cumplió en el periodo o que se acerca más a la meta 2018?
4. ¿Cuál es el instituto o centro con mejor desempeño de indicadores en el periodo?
5. ¿Cuál es el estado con mejor desempeño de indicadores en el periodo?
6. ¿Cuál es la región con mejor desempeño de indicadores en el periodo?

## **Resultados y Discusión**

### **a) Fuentes de datos**

El proyecto inicia definiendo el origen de los datos, los cuales se capturan en un sistema diseñado con esa finalidad, denominado Sistema Integral de Información del TecNM, se pueden obtener los indicadores en un concentrado por año, para lo cual se genera un documento de Excel con los planteles federales y el valor de cada uno de los 22 indicadores. En la Figura 1 se muestra el concentrado de todos los indicadores del TecNM, clasificados por año.

Es importante destacar que por el momento solo se tiene información hasta el año 2017, la información correspondiente al año 2018, se está procesando para poder incluirse en este archivo. Otro dato importante es que se generará un archivo más con los valores globales de los indicadores al año 2017 para hacer una comparación con los valores meta establecidos para el 2018, y que por el momento solo se tienen para el TecNM.

1	Región	Estado	Dependencia	Objetivo 1												Objetivo 2																			
				Indicador 1.1				Indicador 1.2				Indicador 1.3				Indicador 1.4				Indicador 2.1			Indicador 2.2												
				2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2012	2013	2014										
2	Centro	Morelos	CENIDET	0	0	75	88	0	70	85	104	68	100	0	50	100	67	88	47	23	28	20	0	555	596	670	749	555	596	670	749	555	596	670	749

Figura 1. Concentrado de indicadores por Institución del periodo 2012-2016

**b) Data Warehouse**

Se propone un diseño del DW, para guardar la información de los indicadores, para su análisis, basado en un modelo de estrella, en el que se tiene una tabla de hechos y tres tablas dimensiones. La Figura 2 muestra el modelo de estrella propuesto.



Figura 2. Diseño del DW propuesto para el proyecto de tesis

Cada una de las tablas del diseño anterior, contiene información relevante sobre un área en particular; la tabla indicadores contiene la información relevante de cada uno de los 22 indicadores del TecNM, como su nombre, objetivo al que pertenece, la fórmula para obtenerlo, el valor inicial (año 2012) y el valor esperado (año 2018).

Por otra parte, la tabla institutos, contiene información referente a cada una de las 122 instituciones que aportan sus indicadores, en ella se encuentra información como su nombre, la ciudad y el estado en la que se ubican, así como la región a la que pertenecen. Mientras que la tabla tiempo, contiene los valores de relacionados con la periodicidad con que se miden los indicadores, lo que permite conocer el estado de los indicadores en un año determinado, por trienio o por sexenio.

Para el diseño de las tablas se considera la jerarquía de los atributos para cada una de las dimensiones, para la dimensión Indicadores, hay una jerarquía en objetivo-indicador, para la dimensión Institutos, hay una jerarquía en región-estado-ciudad y para la dimensión tiempo hay jerarquía en sexenio-trienio-año.

Por su parte, la tabla analisisindicador, contiene la información referente a un indicador en particular, de un instituto en un determinado tiempo, en el que se guarda el valor obtenido y el grado de cumplimiento, con respecto al valor meta.

### **c) Proceso ETL**

Para el caso de la carga de la información al DW, se considera realizar en primera instancia la carga inicial, que contempla todos los indicadores de todos los institutos y centros del TecNM, correspondientes al periodo 2013-2018. Para el caso del refrescado incremental, este se realizaría cada año, pues la carga de los indicadores es anual y se propondría el esquema de diferencial de estampas de tiempo, pues es la técnica que más se adapta al caso de estudio, pues considera en todo momento el elemento tiempo como principal característica y los indicadores así son tratados, por tiempo (años). Además de que este elemento forma parte de los atributos de los indicadores y no habría que implementar, ni modificar nada en la fuente de datos.

Es importante destacar, que la información de los indicadores no es susceptible de modificación en la fuente de datos, pues una vez que es capturada no se puede modificar, por lo que representa esta información representa datos históricos de un periodo de tiempo ya pasado. Solo en situaciones excepcionales se podría dar una modificación o eliminación del valor de un indicador en la fuente de datos, derivado de errores humanos, como la omisión de captura, datos erróneos o que no corresponden.

### **d) Cubos**

El hipercubo propuesto para este objeto de estudio, y que deriva del DW descrito en secciones anteriores, correspondería a un cubo de 3 dimensiones, por ser estás en número de tablas dimensiones, que incluye también las medidas o métricas contenidas en la tabla de hechos, con lo que se tendrían 8 cuboides que nos permiten disgregar la información, de tal forma que pueda ser accedida de manera más ágil. Con este hipercubo se tendría la posibilidad de responder a los cuestionamientos planteados en la sección anterior. La Figura 3 muestra la rejilla de cuboides del DW propuesto, en donde I representa la dimensión Indicadores, IN la dimensión Institutos y T la dimensión Tiempo.

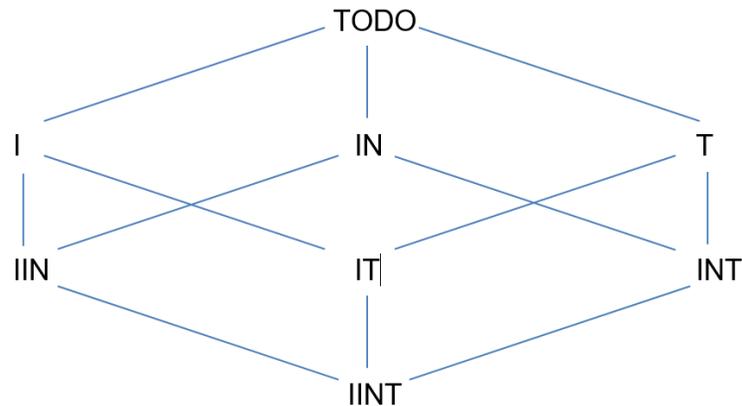


Figura 3. Rejilla de cuboides del DW propuesto

## Conclusiones

El diseño propuesto permite organizar la información obtenida de la fuente de datos, los cuales son derivados de un sistema operacional, que es alimentado cada trimestre para validar el desempeño de los indicadores, sin embargo, el valor trascendental es el que se obtiene anualmente, que representa en sí el avance global durante el año y tiene su significancia al estar definido este periodo en el PIIID 2013-2018 del TecNM, como la unidad básica de tiempo para su medición.

Cabe destacar que toda esta propuesta permite generar información valiosa y de alta calidad, para el proceso de toma de decisiones por los responsables de los institutos y centro de forma individual y también de los directivos del TecNM.

La metodología Kimball conduce a una solución completa en una cantidad de tiempo relativamente pequeña y así, obtener información útil en poco tiempo.

Los cuboides resultantes son fácilmente consultables, tanto para los desarrolladores, como para los usuarios finales. La relación directa entre los hechos y dimensiones conceden a cualquier usuario la posibilidad de construir consultas muy sencillas.

Como propuesta de desarrollo sería conseguir los valores meta al 2018 de cada uno de los institutos y centros para poder conocer el grado de cumplimiento de cada uno de los indicadores con respecto a los valores 2018 de manera individual, es decir, por cada instituto o centro del TecNM.

## Referencias

1. Inmon W.-H. Building the data warehouse. Wiley Publishing, 3rd edition, 2002.
2. Kimball R. The data warehouse toolkit: practical techniques for building dimensional data warehouses John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA, 1996.
3. López-Nava, M., Cartujano-Escobar, F.J., Alday-Chávez, A. (2018). Análisis de indicadores de desempeño del Tecnológico Nacional de México con Lógica Difusa. Revista Coloquio Internacional de Investigación Transdisciplinaria 2018, Instituto Tecnológico de Matamoros, 37-45.
4. Programa Institucional de Innovación y Desarrollo del Tecnológico Nacional de México 2013-2018, Tecnológico Nacional de México, consultado desde

[http://www.tecnm.mx/images/areas/planeacion/2014/PIID\\_2013-2018\\_TECNM\\_Final.pdf](http://www.tecnm.mx/images/areas/planeacion/2014/PIID_2013-2018_TECNM_Final.pdf).

5. Special Study Panel on Indicators (1991). Education Counts. An Indicator System to Monitor the Nation's Educational Health. Washington. National Center for Education Statistics. USA Dpt. Of Education.
6. Wyatt T. (1994). Education indicators: a review of the literature. En TUIJNMAN y BOTANNI, 1994:99-121.

# GENERACIÓN DE LA REJILLA DE CUBOIDES PARA UN DATA WAREHOUSE NoSQL ORIENTADO A DOCUMENTOS

**Francisco Javier Cartujano Escobar**<sup>1,2</sup>, **Leticia Santa Olalla Ocampo**<sup>1</sup>, **José Pedro Aragón Hernández**<sup>1</sup> y **María Fernanda Silva Reyna**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Zacatepec- : [francisco.ce@itzacatepec.edu.mx](mailto:francisco.ce@itzacatepec.edu.mx), [leticia.so@itzacatepec.edu.mx](mailto:leticia.so@itzacatepec.edu.mx), [jpedro.ah@itzacatepec.edu.mx](mailto:jpedro.ah@itzacatepec.edu.mx), [mafersilva16.ms@gmail.com](mailto:mafersilva16.ms@gmail.com) <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México

*Área de participación: Tecnologías para grandes bases de datos (ISC)*

**Resumen:** Una de las tecnologías más importantes en el área de los sistemas de información, es la tecnología referente a los *Data Warehouses*. Como es sabido, un *Data Warehouse* es una enorme base de datos cuyo propósito principal es apoyar el proceso de toma de decisiones en las organizaciones. El diseño conceptual de un *Data Warehouse* se realiza mediante un modelo Multidimensional, razón por la cual es común que a los *Data Warehouses* se les llame Bases de Datos Multidimensionales o coloquialmente cubos de datos. Dichos cubos de datos son manipulados mediante herramientas OLAP, las cuales tienen la exigencia de ofrecer tiempos de respuestas rápidos. Para cumplir con este requerimiento, las herramientas OLAP materializan diferentes subcubos de datos de la misma base de datos multidimensional, esto con el fin de no perder tiempo de generar un subcubo solicitado al tiempo de ejecución de una consulta. Los cuboides materializados forman lo que se conoce como la rejilla de cuboides del *Data Warehouse*. Por otra parte, un tema de investigación actual es la implementación de *Data Warehouses* mediante bases de datos *NoSQL*. En este artículo se propone un modelo de *Data Warehouse* implementado con bases de datos *NoSQL* orientada a documentos y con base a dicho modelo se describe la generación de la rejilla de cuboides correspondientes. Lo reportado en este artículo forma parte de los resultados de un proyecto de investigación aceptado por el Tecnológico Nacional de México.

## 1 INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones es uno de los elementos más importantes dentro de una organización. Se basa en el análisis de los datos generados por la corporación y entes externos a ella. Una correcta toma de decisiones permite a una organización obtener ventaja competitiva sobre sus competidores.

Una de las tecnologías computacionales mayormente utilizada en el apoyo a la toma de decisiones son los *Data Warehouses*, cuyo término en español es almacén de datos o también bodega de datos, y es como su nombre lo dice, el contenedor de datos que permite a las corporaciones almacenar toda la información que requieran para apoyar su toma de decisiones [1].

Conceptualmente, un *Data Warehouse* se diseña mediante el modelo multidimensional, el cual genera una vista en forma de cubo de datos. Dicho cubo de datos es manipulado a través de herramientas OLAP (*On Line Transacción Processing*) con el propósito de dar respuesta a las consultas realizadas por el tomador de decisiones. El requerimiento más importante de una herramienta OLAP es el de proporcionar tiempos de respuesta rápidos, razón por la cual, se crean y materializan (se almacenan físicamente) diferentes subcubos de datos generados

a partir del cubo de datos principal. Dichos subcubos de datos forman lo que se conoce como la rejilla de cuboides.

Por otro lado, tradicionalmente los *Data Warehouse* han sido implementados y operados con tecnología relacional, pero debido a que actualmente hay una generación excesiva de datos y una gran variedad de los mismos, concepto que se le ha llamado *Big Data*, dichos *Data Warehouses* tradicionales han sido superados por esta ola masiva de datos. Por esta razón, se hace necesario que nuevos paradigmas para implementación de *Data Warehouses* sean explorados. La tecnología de bases de datos *NoSQL* orientadas a documentos se presenta como una opción a esta situación.

El presente artículo tiene como objetivo principal proponer y describir un modelo de *Data Warehouse* implementado con bases de datos *NoSQL* orientada a documentos y con base a dicho modelo generar la rejilla de cuboides correspondientes. Tanto el modelo propuesto, así como la rejilla de cuboides respectiva forman parte de los resultados obtenidos en un proyecto autorizado y financiado por el TecNM.

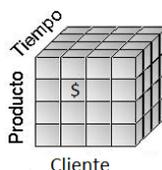
## 2 FUNDAMENTO TEÓRICO Y SECCIÓN EXPERIMENTAL

### 2.1 Fundamento teórico

Un componente esencial de un *Data Warehouse* lo constituye una enorme base de datos, ejecutando principalmente procesos de consulta. Conceptualmente, un *Data Warehouse* se diseña con base a un modelo multidimensional, en el cual existen dos elementos esenciales [2]:

- a) Dimensiones: Son las entidades bajo las cuales se desea analizar la información, por ejemplo: clientes, productos, sucursales. Las dimensiones tienen atributos que caracterizan a la entidad que representan, como por ejemplo nombre del cliente.
- b) Hechos o medidas: Son los datos que se desean analizar, normalmente son valores numéricos, ya que un procesamiento común sobre ellos es sumarlos, promediarlos, obtener el máximo, el mínimo, entre otros. Ejemplos de hechos son: cantidad vendida a un cliente, existencia en el almacén de cierto producto.

Las vistas generadas por un modelo multidimensional son conocidas como hipercubos de datos. Un hipercubo de datos puede tener cualquier número de dimensiones. Un ejemplo de hipercubo de datos de tres dimensiones (o simplemente llamado cubo de datos) es mostrado en la Figura 1.



**Figura 1.** Hipercubo de Datos de tres Dimensiones

El hipercubo mostrado en la Figura 1, también llamado Hipercubo 3D debido a que tiene 3 dimensiones, permite analizar las compras realizadas por clientes de ciertos

productos en cierto tiempo. El valor contenido en cada celda del cubo representa al hecho que se desea analizar, en este caso las ventas en pesos.

Los hipercubos de datos son manipulados por medio de herramientas OLAP. Una de las posibles operaciones que se pueden realizar a un hipercubo de datos, es generar distintas vistas con un menor número de dimensiones, pero con la particularidad de que la vista generada contendrá los datos agregados (sumarizados) de todos los hechos de la dimensión o dimensiones eliminadas. Estas posibles vistas son llamados cuboides de datos; y son materializados, es decir creados físicamente, con el fin de proporcionar tiempos de respuesta rápido a los usuarios, es decir, cuando un analista de datos requiera una vista 2D, dicha vista o cuboide de datos estará previamente creada, evitando de esta manera consumir tiempo de ejecución en tiempo real por la creación de la vista.

De acuerdo a [3], el número de cuboides que se pueden generar a partir de un hipercubo de  $N$  dimensiones, es  $2^N$ . El conjunto de todos estos cuboides forman una rejilla de cuboides, la cual muestra la relación entre ellos. Considerando el cubo mostrado en la Figura 1, el número de cuboides que se pueden generar son  $2^3 = 8$  y la rejilla de cuboides correspondiente es mostrada en la Figura 2. El cuboide que contiene a todas las dimensiones, se le llama el cuboide base y al cuboide  $0D$  se le conoce como el cuboide cúspide o el cuboide "Todo". El cuboide base contiene a los datos en su nivel de detalle mas fino, mientras que el cuboide cúspide contiene a los datos en su nivel de detalle mas grueso, es decir, con el mayor nivel de agregación posible.

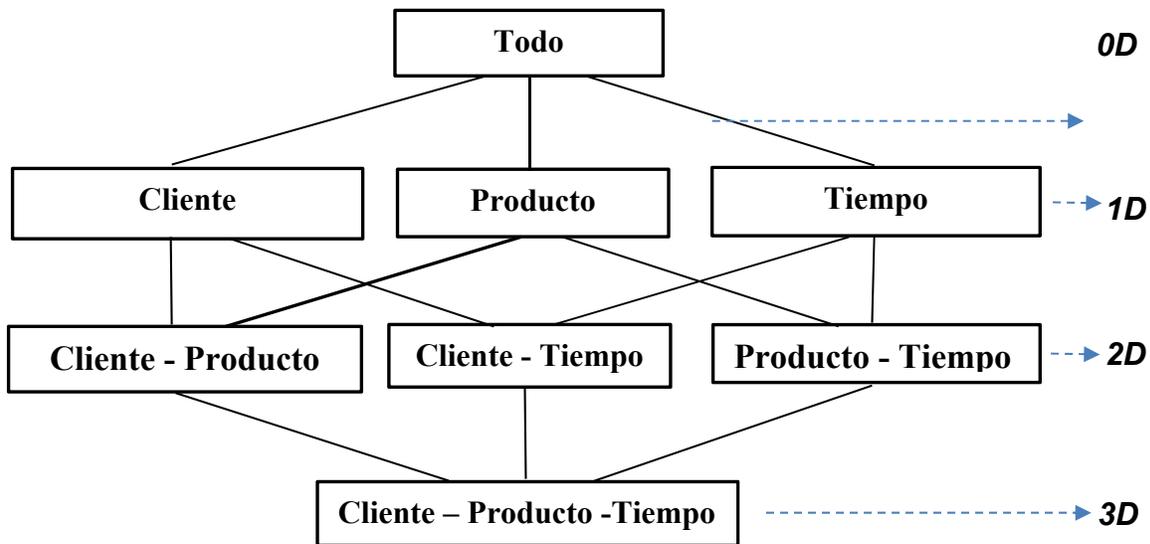


Figura 2. Rejilla de Cuboides de un Hipercubo 3D

En la rejilla de cuboides de la Figura 2, se puede visualizar que la vista 2D Cliente-Producto, se genera consolidando la vista 3D Cliente-Producto-Tiempo; conceptualmente, lo que estamos queriendo realizar es mostrar una vista donde se desea visualizar las compras de los clientes a ciertos productos durante todo el tiempo.

Comentamos al inicio del artículo, que una nueva alternativa para almacenar el *Data Warehouse*, es decir, el Hipercubo de datos y su rejilla de cuboides, es utilizar bases de datos orientadas a documentos, éstas tienen las siguientes características [4]:

- Almacenan los datos en documentos (en su forma más común: texto simple).
- Los documentos en su forma más simple están compuestos por duplas de clave-valor.
- Los documentos pueden tener cualquier número de duplas sin necesidad de que los documentos tengan la misma estructura.
- Una colección es un conjunto de documentos.
- Los documentos dentro de una colección pueden tener estructuras diferentes.
- Haciendo alusión a las bases de datos relacionales, una colección sería una tabla, los documentos serían las tuplas, y las duplas clave-valor sería el campo con su respectivo valor.

A la fecha se han realizado pocos trabajos relacionados al trabajo de investigación descrito en este artículo, algunos de estos se encuentran en las siguientes referencias: Yanguí et al., 2016 [5]; Chevalier et al., 2015 [6]; Rocha, 2015 [7]; Dehdouh, 2015 [8] y Dehdouh, 2014 [9]

## 2.2 Sección Experimental

Para la creación del *Data Warehouse* orientado a documentos y su respectiva rejilla de cuboides se utilizó el siguiente hardware y software.

### 2.2.1 Hardware utilizado

Computadora con las siguientes características: Procesador Intel Core i7, memoria RAM de 16 Gb y disco duro de estado sólido de 500 GB.

### 2.2.2 Sistema Manejador de Bases de Datos utilizado

Gestor de bases de datos orientado a documentos MongoDB versión 3.6 y herramienta DWR2NoSQL versión 1.0, esta última producto de la presente investigación.

### 2.2.3 Aggregation framework utilizado

Se utiliza el marco de trabajo para realizar procesos de agregación (*aggregation framework*) proporcionado por MongoDB. Este marco de trabajo opera bajo el concepto de procesamiento de datos por medio de tuberías (*data processing pipelines*). Los documentos pasan por una tubería de múltiples etapas que transforman los documentos para producir un resultado agregado. Algunas de las operaciones que se pueden realizar a los documentos en cada una de las etapas son filtrar, ordenar, agrupar y realizar funciones de agregación, tales como sumar, promediar, entre otras.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1 *Data Warehouse* implementado con el modelo NoSQL orientado a documentos

Los resultados de esta investigación establecieron que el modelo multidimensional de un *Data Warehouse* tiene diferentes formas de ser modelado bajo el modelo

NoSQL orientado a documentos. Uno de esos posibles modelos ha sido bautizado como el *modelo Aglomerado*. Una instancia de un *Data Warehouse* orientado a documentos bajo el modelo *Aglomerado* y en formato JSON[10] es mostrado en la Figura 3. Dicha instancia representa la vista equivalente del modelo multidimensional de la Figura 1.

```
(
  {
    Ventas$: 10,000, VentasU: 2 ,
    idCte: c1, NombreC: Cliente1, Sexo: F, Ciudad: Cuerna, Estado: Mor,
    idProd: p1, nombreP: Producto1, Marca: Sony, Subcategoría: tv, Categoría: Electrónica ,
    idTpo: t1, año: 2018, Semestre: 1, Mes: 1, Dia_Año: 1
  }
  .....
  {
    Ventas$:1,000, VentasU: 1,
    idCte: c2,NombreC: Cliente2, Sexo: M, Ciudad: Zaca, Estado: Mor,
    idProd: p2, nombreP: Producto2,Marca: Samsung, Subcategoría:tv, Categoría: Electrónica ,
    idTpo: t2, año: 2018, Semestre: 1,Mes: 1,Dia_Año: 2
  }
  .....
  {
    Ventas$:500, VentasU: 1 ,
    idCte: c1,NombreC: Cliente1, Sexo: F, Ciudad: Cuerna, Estado: Mor,
    idProd: p5, nombreP: Producto5, Marca: Pollo, Subcategoría: blusa, Categoría:Ropa ,
    idTpo: t3, año: 2018, Semestre: 1,Mes: 1,Dia_Año: 3
  }
)
```

**Figura 3.** Modelo Aglomerado de un *Data Warehouse NoSQL* orientado a documentos

En este modelo todos los datos referentes a un hecho en particular, tanto los atributos que representan sus medidas, así como los atributos pertenecientes a las dimensiones correspondientes, se almacenan como atributos simples dentro de un solo documento (no hay sub anidamiento), dando la impresión de un ser un aglomerado de datos.

### 3.2 Generación de la rejilla de cuboides

La instancia mostrada en la Figura 3 representa el cuboide base del modelo multidimensional de la Figura 1; la razón de esto es que dicha vista contiene a los datos en el nivel de detalle más fino posible. A partir de este cuboide base, el cual es 3D, se generan los cuboides 2D de la rejilla de cuboides mostrada en la Figura 2. Así mismo, la generación de los cuboides 1D se realizan a partir del cuboide 2D correspondiente. Por último, el cuboide cúspide se genera a partir de cualquier cuboide 1D.

La generación de los cuboides 2D, 1D y 0D se realiza por medio del *framework* descrito en la sección 2.2.3. A continuación, se muestra la creación de algunos de estos cuboides.

#### 3.2.1 Creación del cuboide 2D Cliente-Producto

Como lo mencionamos previamente, el *framework* de agregación de MongoDB opera con una filosofía de procesamiento de tuberías (*pipelines*). Cada etapa del pipeline recibe una colección de documentos, la cual procesa y transforma a cada documento de la colección; dicha colección transformada sirve como entrada a la

siguiente etapa del pipeline; de hasta manera se continúa hasta que se realiza la última etapa del pipeline.

En la Figura No 4 se muestra el pipeline para generar el cuboide 2D Cliente-Producto. Dicho pipeline tiene como colección inicial de entrada, la colección llamada *aglomerado* (línea 1), la cual representa al cuboide base del modelo multidimensional. El pipeline está compuesto por tres etapas.

```

1 db.aglomerado.aggregate([{$group:({_id:{IdCte:"$IdCte",IdProd:"$IdProd"},
2                               TotalPesos:{$sum:"$ventas"},
3                               TotalUnidades:{$sum:"$ventasU"}}},
4                               {$project:({_id:0,
5                                         idCte:"$_id.IdCte",
6                                         idProd:"$_id.IdProd",
7                                         ventas:"$TotalPesos",
8                                         ventasU:"$TotalUnidades"}}},
9                               {$out:"Cuboide2D_Cliente_Producto"}
10                              ]
11                             )

```

**Figura 4.** Pipeline para Generar el cuboide 2D Cliente-Producto

La primera etapa del pipeline, consiste en agrupar el cuboide base de acuerdo a los atributos *idCte* (identificador del Cliente) y *idProd* (identificador del Producto) y realizar un proceso de agregación sumando los hechos *ventas* y *ventasU* (líneas 2 y 3 respectivamente), para esto se ocupa el operador *\$group* (línea 1).

La segunda etapa del pipeline recibe como entrada, la colección agrupada y agregada producida por la etapa 1. Esta etapa utiliza el operador *\$project* (línea 4) para producir una colección reformateada con los atributos *idCte*, *idProd*, *ventas* y *ventasU* (líneas de la 5 a la 8).

Finalmente, en la etapa 3, se recibe la colección reformateada de la etapa 2 y por medio del operador *\$out* se crea físicamente la colección, es decir se materializa (línea 9). La colección queda almacenada en la base de datos apuntada por la variable *db* (línea 1). Esta colección representa al cuboide 2D Cliente-Producto, razón por la cual se le ha puesto el nombre *Cuboide2D\_Cliente\_Producto* (línea 9).

### 3.2.2 Creación del cuboide 1D Cliente

El pipeline mostrado en la Figura No 5 genera el cuboide 1D Cliente. Dicho pipeline tiene como colección inicial de entrada, la colección llamada *Cuboide2D\_Cliente\_Producto* (línea 1) generada en el pipeline descrito anteriormente; dicha colección representa al cuboide 2D Cliente\_Producto del modelo multidimensional. Este pipeline está compuesto por tres etapas.

De manera similar al pipeline de la sección 3.2.1, la primera etapa de este pipeline agrupa al cuboide 2D Cliente\_Producto de acuerdo al atributo *idCte* (identificador del Cliente) y realiza un proceso de agregación sumando los hechos *ventas* y *ventasU* (líneas 2 y 3 respectivamente).

```

1 db.Cuboide2D_Cliente_Producto.aggregate([{$group: {_id: "$IdCte",
2                                     TotalPesos: {$sum: "$ventas"},
3                                     TotalUnidades: {$sum: "$ventasU"}},
4                                     {$project: {_id: 0,
5                                               IdCte: "$_id",
6                                               ventas: "$TotalPesos",
7                                               ventasU: "$TotalUnidades"}},
8                                     {$out: "Cuboide1D_Cliente"}
9                                     ]
10                                })

```

**Figura 5.** Pipeline para generar el cuboide 1D Cliente

La segunda etapa del pipeline recibe como entrada, la colección agrupada y agregada producida por la etapa 1, y reformatea esta colección para que contenga a los atributos *idCte*, *ventas* y *ventasU* (líneas de la 4 a la 7).

En la etapa 3, se recibe la colección reformateada de la etapa 2 y se materializa esta colección con el nombre *Cuboide1D\_Cliente* (línea 7).

### 3.2.3 Creación del cuboide 0D – Cúspide

El cuboide 0D ó Cúspide, representa la agregación de los hechos en todas las dimensiones; para nuestro ejemplo, representa las ventas en pesos y unidades que han realizado todos los clientes de todos los productos durante todo el tiempo.

En la Figura 6 se muestra el pipeline que genera el cuboide 0D o cúspide.

```

1 db.Cuboide1D_Cliente.aggregate([{$group: {_id: null,
2                                     TotalPesos: {$sum: "$ventas"},
3                                     TotalUnidades: {$sum: "$ventasU"}},
4                                     {$project: {_id: 0,
5                                               ventas: "$TotalPesos",
6                                               ventasU: "$TotalUnidades"}},
7                                     {$out: "Cuboide0D_Cuspide"}
8                                     ]
9                                })

```

**Figura 6.** Pipeline para crear el cuboide 0D – Cúspide

El pipeline mostrado en la Figura 6 es similar a los anteriores, con la única particularidad de que como ya no se agrupa por ninguna dimensión (queremos agregar todos los documentos de la colección), al campo *\_id* se le asigna un valor de nulo.

## 4. CONCLUSIONES

Con base a los resultados presentados en este artículo podemos obtener las siguientes conclusiones:

- La modelación e implementación de *Data Warehouses* por medio de bases de datos *NoSQL* orientadas a documentos es una alternativa para la construcción de modelos multidimensionales.
- La implementación de *Data Warehouses* mediante modelos *NoSQL* es un tema de interés actual en el ámbito tecnológico-científico.

- c. La materialización de la rejilla de cuboides de un *Data Warehouse* implementado por el modelo Aglomerado es posible construirla en MogoDB utilizando el *Aggregation Framework*.
- d. Un trabajo a futuro es el desarrollo de una herramienta OLAP para manipular el *Data Warehouse* orientado a documentos propuesto en este artículo

### Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México y a las autoridades del ITZ, por todo el apoyo recibido en la realización de esta investigación.

### Referencias

- [1] Inmon W. H. *Building the Data Warehouse*. 4th Edition. Indianapolis: Wiley Publishing Incorporation, 2005.
- [2] Kimball R., Ross M. *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. January 10, 2008.
- [3] J. Han and M. Kamber. *Data Mining: Concepts and Techniques*. Third Edition. Morgan Kaufmann, 2012
- [4] Dayley Brad (2015). *NoSQL with MongoDB*. SAMS Publishing, January 2015.
- [5] Yangui R., Nabli A., Gargouri F. *Automatic Transformation of Data Warehouse Schema To NoSQL Data Base: Comparative Study*. 20th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2016, September 2016, p255-264.
- [6] Chevalier M., Malki M., Kopliku A., Teste O., Tournier T. *Implementing Multidimensional Data Warehouses into NoSQL*. International Conference on Enterprise Information Systems, 2015, p172-183.
- [7] Rocha L., Vale F., Cirilo E., Barbosa D., Mourao F. *A Framework for Migrating Relational Datasets to NoSQL*. International Conference On Computational Science, ICCS 2015, Volume 51, p2593-2602.
- [8] Dehdouh K., Boussaid O., Bentayeb F. *Using the column oriented NoSQL model for implementing big Data Warehouses*. The 21st International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, 2015, p469-475.
- [9] Dehdouh K., Boussaid O., Bentayeb F. *Columnar NoSQL star schema benchmark*. Model and Data Engineering, LNCS 8748, Springer, 2014, p281-288.
- [10] JSON. *Acerca de JSON*. Recuperado de <https://www.json.org>. Acedido:2019-01-07.

# CREACIÓN AUTOMÁTICA DE DATA WAREHOUSES NoSQL ORIENTADOS A DOCUMENTOS

**Francisco Javier Cartujano Escobar<sup>1,2</sup>, María Fernanda Silva Reyna<sup>1</sup>, Leticia Santa Olalla Ocampo<sup>1</sup> y José Pedro Aragón Hernández<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>*Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[francisco.ce@itzacatepec.edu.mx](mailto:francisco.ce@itzacatepec.edu.mx), [mafersilva16.ms@gmail.com](mailto:mafersilva16.ms@gmail.com), [leticia.so@itzacatepec.edu.mx](mailto:leticia.so@itzacatepec.edu.mx),  
[jpedro.ah@itzacatepec.edu.mx](mailto:jpedro.ah@itzacatepec.edu.mx)* <sup>2</sup>*División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto  
Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México*

*Área de participación: Tecnologías para grandes bases de datos (ISC)*

**Resumen:** Los *Data Warehouse*, también conocidos como almacenes de datos o bodegas de datos representan una de las tecnologías más importantes en el área de los sistemas de información. Un *Data Warehouse* se puede definir de manera simple como una enorme base de datos que contiene datos históricos, generalmente de lectura, cuyo propósito principal es apoyar el proceso de toma de decisiones en las organizaciones. Tradicionalmente los *Data Warehouse* han sido modelados y operados con tecnología relacional, pero debido a que actualmente hay una generación excesiva de datos y una gran variedad de los mismos, concepto que se le ha llamado *Big Data*, dichos *Data Warehouses* relacionales han sido superados por esta ola masiva de datos. Por esta razón, se hace necesario que nuevos paradigmas para implementación de *Data Warehouses* sean explorados. La tecnología de bases de datos *NoSQL* orientada a documentos se presenta como una opción a esta situación. El presente artículo tiene como objetivo describir el desarrollo y funcionalidad de una herramienta computacional que transforma de manera automática un *Data Warehouse* relacional a un *Data Warehouse* orientado a documentos. Dicha herramienta computacional forma parte de los resultados de un proyecto de investigación aceptado por el Tecnológico Nacional de México.

## 1 INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones es uno de los elementos más importantes dentro de una organización y una de las tecnologías computacionales mayormente utilizada en el apoyo a la toma de decisiones son los *Data Warehouses*, cuyo término en español es almacén de datos o también bodega de datos, y es como su nombre lo dice, el contenedor de datos que permite a las corporaciones almacenar toda la información que requieran para apoyar su toma de decisiones [1].

Tradicionalmente los *Data Warehouse* han sido modelados y operados con tecnología relacional, pero debido a que actualmente hay una generación excesiva de datos y una gran variedad de los mismos, concepto que se le ha llamado *Big Data*, dichos *Data Warehouses* tradicionales han sido superados debido a esta ola masiva de datos. Por esta razón, se hace necesario que nuevos paradigmas para implementación de *Data Warehouses* sean explorados. La tecnología de bases de datos *NoSQL* orientadas a documentos se presenta como una opción a esta situación.

Una característica muy importante de las bases de datos *NoSQL* es la escalabilidad horizontal, tanto en capacidad de espacio como de procesamiento. Y es debido a esta característica que los sistemas *NoSQL* ofrecen ventajas sobre los sistemas relacionales, particularmente en lo que se refiere a los *Data Warehouses*, ya que

estos requieren gran cantidad de espacio y gran poder de cómputo para calcular los cuboides requeridos al realizar procesamiento *OLAP*.

*Data Warehouses* implementados mediante bases de datos *NoSQL* no tendrían problemas de escalarse horizontalmente al momento de requerir más espacio, ni al momento de requerir mayor poder de cómputo.

El presente artículo tiene como objetivo principal describir el desarrollo y uso de una herramienta computacional que permite transformar de manera automática cualquier *Data Warehouse* implementado bajo el modelo de estrella a un modelo equivalente *NoSQL* que hemos bautizado con el nombre subdocumentos.

Tanto el modelo obtenido, así como la herramienta descrita en este artículo forman parte de los resultados obtenidos en un proyecto autorizado y financiado por el TecNM.

## 2 FUNDAMENTO TEÓRICO Y SECCIÓN EXPERIMENTAL

### 2.1 Fundamento teórico

Un componente esencial de un *Data Warehouse* lo constituye una enorme base de datos, ejecutando principalmente procesos de consulta y diseñada tradicionalmente bajo el modelo de datos relacional.

A nivel conceptual, la base de datos de un *Data Warehouse*, se diseña mediante un modelo multidimensional, en el cual existen dos elementos esenciales [2]:

a) Dimensiones: Son las entidades bajo las cuales se desea analizar la información, por ejemplo: clientes, productos, sucursales. Una dimensión muy importante y casi presente en todo modelo multidimensional, es la dimensión Tiempo, con la finalidad de analizar por diferentes periodos de tiempo.

b) Hechos: Son los datos que se desean analizar, normalmente son valores numéricos, ya que un procesamiento común sobre ellos es sumarlos, promediarlos, obtener el máximo, el mínimo, entre otros. Ejemplos de hechos son: cantidad vendida por vendedor, existencia en el almacén de cierto producto.

A nivel lógico, existen tres modelos de datos relacionales para representar el modelo multidimensional de un *Data Warehouse*: a) modelo de estrella, b) modelo de copo de nieve y c) constelación de hechos [3]. El más utilizado de ellos es el modelo de estrella por lo que en este artículo es el que estaremos tomando como referencia. En este modelo existe una sola tabla que almacena a los hechos y varias tablas dimensiones no normalizadas. Todas las tablas dimensiones se relacionan a la tabla de hechos, de tal forma que la tabla de hechos tiene una llave compuesta por las llaves heredadas de todas las tablas dimensiones. Una instancia de este modelo es mostrada en la Figura 1.

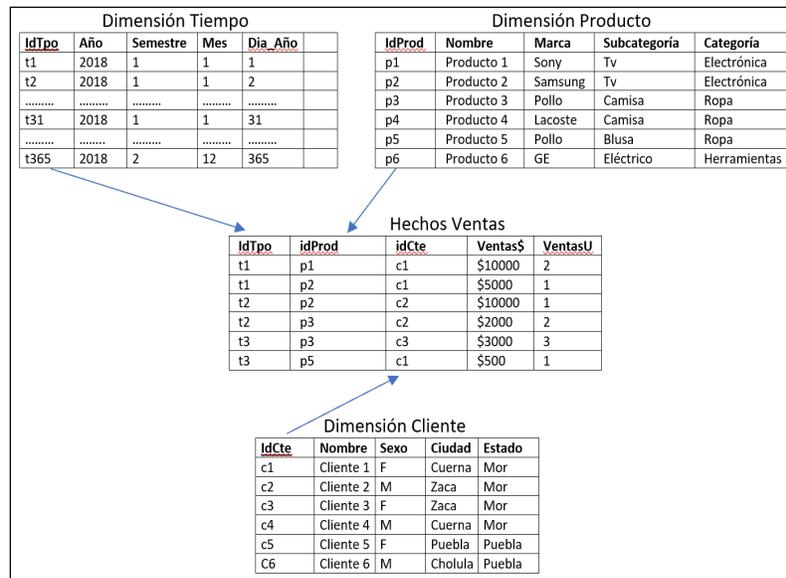


Figura 1. Instancia de un *Data Warehouse* relacional bajo el modelo de estrella.

Actualmente, existen 4 tipos de modelos de bases de datos *NoSQL*, uno de ellos es el modelo soportado por las bases de datos orientadas a documentos que tienen las siguientes características [4]:

- Almacenan los datos en documentos (en su forma más común: texto simple).
- Los documentos en su forma más simple están compuestos por duplas de clave-valor.
- Los documentos pueden tener cualquier número de duplas sin necesidad de que los documentos tengan la misma estructura.
- Una colección es un conjunto de documentos.
- Los documentos dentro de una colección pueden tener estructuras diferentes.
- Haciendo alusión a las bases de datos relacionales, una colección sería una tabla, los documentos serían las tuplas, y las duplas clave-valor sería el campo con su respectivo valor.

## 2.2 Sección Experimental

### 2.2.1 Hardware y software utilizado

Como se mencionó al principio de este artículo, se ha desarrollado una herramienta computacional que permite transformar de manera automática un *Data Warehouse* relacional diseñado con el modelo de estrella a los cuatro posibles modelos *NoSQL* orientados a documentos resultantes de esta investigación.

El *hardware* para el desarrollo de esta herramienta está compuesto por una computadora con las siguientes características: Procesador Intel Core i5, memoria RAM de 8 Gb y disco duro de 300 GB.

Respecto al software utilizado, básicamente se utilizaron de dos tipos para la implementación de la herramienta.

El primer tipo es el *software* para el desarrollo de la herramienta computacional creada, el cual comprende, lenguaje de programación *Java SE versión 8*, librería *jar MongoDB java driver* para el acceso desde java a la base de datos de MongoDB, librería *jar MySQL Connector/J* para el acceso desde java a la base de datos MySQL del *Data Warehouse* y el ambiente de desarrollo NetBeans 8.1.

El segundo tipo corresponde al software gestor de bases de datos. Para el caso de la base de datos del *Data Warehouse* relacional se utilizó MySQL versión 5.7 y para el caso de la base de datos orientada a documentos se utilizó MongoDB versión 3.6

### **2.2.2 Diseño de la herramienta transformadora**

La herramienta computacional desarrollada, la cual hemos bautizado con el nombre DWR2NoSQL, transforma de manera automática un *Data Warehouse* relacional implementado bajo el modelo de estrella a uno de cuatro posibles modelos NoSQL Orientados a documentos productos de esta investigación.

DWR2NoSQL principalmente está formado por tres módulos, los cuales son descritos brevemente en los siguientes párrafos.

El primer módulo se conecta al diccionario de datos del gestor de bases de datos de MySQL con el fin de recuperar información de las bases de datos almacenadas en él. Tal información comprende: nombre de la base de datos, nombres de tablas que conforman a la base de datos, atributos que conforman a cada tabla, atributo(s) llave(s) de cada tabla, relaciones entre tablas, entre otras cosas.

Una vez recuperada la información del diccionario de datos y seleccionada la base de datos del *Data Warehouse* a transformar, la herramienta computacional detecta de manera automática las tablas dimensiones y la tabla de hechos asociadas al modelo multidimensional de estrella seleccionado, así como las llaves de cada tabla y las relaciones entre ellas. Esta información es necesaria para poder transformar el *Data Warehouse* relacional al modelo NoSQL orientado a documentos deseado.

El segundo módulo, el cual es el principal en esta herramienta, es el que transforma de manera automática el contenido del *Data Warehouse* relacional a una base de datos equivalente NoSQL Orientada a documentos en formato JSON. La herramienta permite transformar a cualquiera de los cuatro modelos NoSQL orientado a documentos generados por esta investigación.

Por último, el tercer módulo de esta herramienta, permite que una vez generado todo el *Data Warehouse* orientado a documentos en formato JSON, se exporte dicho archivo JSON al manejador de bases de datos orientado a documentos MongoDB o se almacene en el sistema de archivos del sistema computacional.

### 3. RESULTADOS y DISCUSIÓN

#### 3.1 *Data Warehouses* diseñados con el modelo *NoSQL* Orientado a documentos

Como se mencionó anteriormente, los resultados de esta investigación establecieron que el modelo de estrella de un *Data Warehouse* tiene diferentes formas de ser modelado bajo el modelo *NoSQL* orientado a documentos. Por cuestiones de espacio, en este artículo se describe una sola de ellas, la cual hemos llamado el *modelo de subdocumentos*. A continuación, se describe el proceso para generar un *Data Warehouse* bajo el *modelo de subdocumentos*.

Para transformar un *Data Warehouse* relacional implementado con el modelo de estrella a un modelo equivalente *NoSQL* orientado a documentos con la opción de *modelo por subdocumentos* se aplican las siguientes reglas de transformación:

- a) Representar a todo el modelo multidimensional por una colección  $C$ .
- b) Para cada tupla de la tabla de hechos, denotada por  $T^H$  realizar lo siguiente:
  - i. Crear un documento, denotado por  $D^H$
  - ii. Crear un atributo cuyo nombre es igual al nombre de la tabla de hechos, denotemos a dicho atributo por  $A^H$ . El valor de  $A^H$  es un documento que anida a todos los hechos de  $T^H$ , cada hecho será representado con el par  $\langle \text{atributo, valor} \rangle$  anidado en  $A^H$ . Anidar a  $A^H$  dentro de  $D^H$ .
  - iii. Para cada dimensión  $i$  referenciada en  $T^H$  con llave  $K_i$  crear un atributo cuyo nombre es igual al nombre de la tabla dimensión, denotemos a dicho atributo  $A^D$ . El valor de  $A^D$  es un documento que anida a todos los pares  $\langle \text{atributo, valo} \rangle$  de la tupla en la dimensión  $i$  cuya llave es  $K_i$ . Anidar a  $A^D$  dentro de  $D^H$ .
  - iv. Anidar  $D^H$  en  $C$ .

Considerando que al modelo de estrella de la Figura 1 se le aplican las reglas definidas para el Modelo por Subdocumentos, se obtiene la instancia de bases de datos orientados a documentos mostrada en la Figura 2 (solo se muestra algunos documentos en la Figura).

```
(
  { Hechos_ventas: { Ventas$: 10,000, VentasU: 2 },
    Dimension_Tiempo: { idTpo: t1, año: 2018, Semestre: 1, Mes: 1, Dia_Año: 1 },
    Dimension_Producto: { idProd: p1, nombreP: Producto1, Marca: Sony, Subcategoría: tv, Categoría:
    Electrónica },
    Dimension_Cliente: { idCte: c1, NombreC: Cliente1, Sexo: F, Ciudad: Cuerna, Estado: Mor }
  }
  .....
  { Hechos_ventas: { Ventas$:1,000, VentasU: 1 },
    Dimension_Tiempo: { idTpo: t2, año: 2018, Semestre: 1,Mes: 1,Dia_Año: 2 },
    Dimension_Producto: { idProd: p2,nombreP: Producto2,Marca: Samsung, Subcategoría:tv, Categoría:
    Electrónica },
    Dimension_Cliente: { idCte: c2,NombreC: Cliente2, Sexo: M, Ciudad: Zaca, Estado: Mor }
  }
  .....
  { Hechos_ventas: { Ventas$:500, VentasU: 1 },
    Dimension_Tiempo: { idTpo: t3, año: 2018, Semestre: 1,Mes: 1,Dia_Año: 3 },
    Dimension_Producto: { idProd: p5, nombreP: Producto5, Marca: Pollo, Subcategoría: blusa, Categoría:Ropa },
    Dimension_Cliente: { idCte: c1,NombreC: Cliente1, Sexo: F, Ciudad: Cuerna, Estado: Mor }
  }
)
```

**Figura 2.** Modelo por Subdocumentos de un *Data Warehouse NoSQL* orientado a documentos.

La instancia de la base de datos orientada a documentos mostrada en la Figura 2 está implementada en formato JSON [5]. Como puede verse en dicha instancia, por cada tupla de la tabla de hechos se genera un documento que anida subdocumentos para representar los hechos y dimensiones del modelo de estrella.

A la fecha se han realizado pocos trabajos relacionados al diseño de *Data Warehouses* mediante *NoSQL*, algunos de estos se encuentran en las siguientes referencias: Yangui et al., 2016 [6]; Chevalier et al., 2015 [7]; Rocha, 2015 [8]; Dehdouh, 2015 [9] y Dehdouh, 2014 [10].

### 3.2 Ejecución de DWR2NoSQL

En la Figura 3 se muestra la interfaz principal de DWR2NoSQL. Como se puede ver, en la parte superior de la interfaz se muestra un menú en forma de pestañas con las cuatro diferentes opciones para generar la base de datos orientada a documentos de acuerdo al modelo seleccionado.



Figura 3. Interfaz principal de la herramienta DWR2NoSQL

También la herramienta muestra un *combo box* para seleccionar la base de datos del *Data Warehouse* relacional a transformar. Una vez seleccionada dicha base de datos, se muestra en el *combo box* correspondiente las tablas que componen a dicho modelo dimensional, es decir las tablas dimensiones y la de hechos.

Debido a que la tabla de hechos es la conductora de todo el proceso, esta se muestra en un componente *JTable*. En dicho componente se muestra los atributos que forman a la tabla de hechos, es decir los atributos llaves heredados de las tablas dimensiones y los atributos hechos del *Data Warehouse*. Además, se muestra el contenido de dicha tabla.

El botón con la leyenda “*Generar BD Orientada a documentos*”, transforma el *Data Warehouse* relacional al modelo *NoSQL* orientado a documentos seleccionado. La base de datos orientada a documentos generada está estructurada en formato JSON y esta se muestra en el área que se encuentra abajo del botón descrito en este párrafo.

La base de datos orientada a documentos generada se puede almacenar en MongoDB, para esto deberemos dar un nombre a la colección y presionar el botón cuya leyenda es “*Insertar en MongoDB*”

Finalmente, el botón “*crear JSON*” permite generar físicamente el archivo JSON en el sistema de archivos de la computadora, esto con la finalidad de que dicho archivo esté disponible para cualquier otra plataforma compatible con JSON.

En cuanto a las pruebas realizadas, estas consistieron principalmente en probar la transformación de un *Data Warehouse* relacional a los diferentes modelos *NoSQL*

orientados a documentos soportados por la herramienta. Se probaron distintos modelos de estrella, con distintos tamaños (desde unas cuantas tuplas hasta miles de ellas en las tablas dimensiones y la de hechos). En todas las pruebas realizadas la transformación se realizó de manera correcta y con tiempos de ejecución adecuados (de milisegundo a unos cuantos minutos)

Una de las pruebas realizadas se muestra en la Figura No 6. Esta prueba consistió de pocos datos y se muestra únicamente con la finalidad de mostrar la funcionalidad de la herramienta DWR2NoSQL.

Otras pruebas realizadas consistieron en almacenar la base de datos orientada a documentos generada (el archivo JSON) en el gestor de base datos MongoDB. También dichas pruebas resultaron exitosas.

#### 4. CONCLUSIONES

Como se mencionó al inicio de este artículo, tanto los modelos obtenidos para diseñar un *Data Warehouse* orientado documentos, así como la herramienta computacional descrito en este artículo, forman parte de los resultados obtenidos en un proyecto financiado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM) y con base a los resultados presentados podemos obtener las siguientes conclusiones:

- e. La modelación e implementación de *Data Warehouses* por medio de bases de datos *NoSQL* orientadas a documentos es una opción viable como solución al problema de almacenar y procesar la enorme cantidad de datos generados por los *Big Data*, ya que el escalamiento horizontal ofrecido por las *BD NoSQL*, tanto para almacenamiento como para procesamiento, ofrece ventajas sobre los sistemas relacionales.
- f. La modelación de *Data Warehouse* mediante modelos *NoSQL* es un tema de interés actual en el ámbito tecnológico-científico.
- g. La herramienta desarrollada permite transformar de manera automática un *Data Warehouse* relacional a un *Data Warehouse NoSQL* orientada a documentos. El proceso de transformación es muy rápido y requiere de un esfuerzo mínimo por parte del usuario.
- h. Un posible trabajo a futuro es la implementación de una herramienta OLAP para manipular el *Data Warehouse* orientado a documentos.

#### Agradecimientos.

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México y a las autoridades del Instituto Tecnológico de Zacatepec, por todo el apoyo recibido en la realización de esta investigación.

#### Referencias

- [1] Inmon W.H. *Building the Data Warehouse*. 4th Edition. Indianapolis: Wiley Publishing Incorporation, 2005.
- [2] Kimball R., Ross M. *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. January 10, 2008.

- [3] Mishra D., Yazici A., Bazaran B. *A case study of data models in data warehousing*. Applications of Digital Information and Web Technologies, ICADIWT, Aug 2008.
- [4] Dayley Brad. *NoSQL with MongoDB*. SAMS Publishing, January 2015.
- [5] JSON. *Acerca de JSON*. Recuperado de <https://www.json.org>. Acedido:2019-01-07.
- [6] Yangui R., Nabli A., Gargouri F. *Automatic Transformation of Data Warehouse Schema To NoSQL Data Base: Comparative Study*. 20th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2016, September 2016, p255-264.
- [7] Chevalier M., Malki M., Kopliku A., Teste O., Tournier T. *Implementing Multidimensional Data Warehouses into NoSQL*. International Conference on Enterprise Information Systems, 2015, p172-183.
- [8] Rocha L., Vale F., Cirilo E., Barbosa D., Mourao F. *A Framework for Migrating Relational Datasets to NoSQL*. International Conference On Computational Science, ICCS 2015, Volume 51, p2593-2602.
- [9] Dehdouh K., Boussaid O., Bentayeb F. *Using the column oriented NoSQL model for implementing big Data Warehouses*. The 21st International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, 2015, p469-475.
- [10] Dehdouh K., Boussaid O., Bentayeb F. *Columnar NoSQL star schema benchmark*. Model and Data Engineering, LNCS 8748, Springer, 2014, p281-288.

# IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA CIVIL ANTE LOS DESASTRES NATURALES, CASO 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017

C. Bustos-Mejía<sup>1</sup>, A. Granados-Pineda<sup>1</sup>, J. M Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, Fabian Salinas-Pedroza<sup>1</sup>, J. A. Uribe-Medina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México*  
[carlos.bm@itzacatepec.edu.mx](mailto:carlos.bm@itzacatepec.edu.mx), [angelica.gp@itzacatepec.edu.mx](mailto:angelica.gp@itzacatepec.edu.mx), [jose.rc@itzacatepec.edu.mx](mailto:jose.rc@itzacatepec.edu.mx),  
[fsalinasuk@live.com](mailto:fsalinasuk@live.com), [jorge.um@itzacatepec.edu.mx](mailto:jorge.um@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Estructuras (IC)*

**Resumen:** México es una de las naciones más expuestas a los desastres naturales (huracanes, sequias, inundaciones, terremotos y erupciones volcánicas) por su ubicación geográfica, historia y dinámica geológica. El territorio nacional actualmente puede ser visualizado como un mosaico ambiental muy complejo, en el que prácticamente se presentan todos los grandes climas del mundo. De igual manera, nuestro país tiene un alto peligro sísmico; la mayor actividad se concentra en las regiones de la brecha de Guerrero, el Istmo de Tehuantepec, la falla de San Andrés y la brecha de Michoacán, lo que trae como consecuencia la probabilidad de sismos de pequeña, mediana y gran magnitud e intensidad, que a su vez dejaría en exposición la población, su infraestructura en general, así como los efectos secundarios que repercutirían en el resto del país. Tal situación se vivió desafortunadamente el pasado 19 de septiembre de 2017 en el estado de Morelos; por lo que el presente trabajo pretende dar a conocer sus causas y efectos.

## Introducción

Por su ubicación geográfica, México se encuentra sujeto a diversos fenómenos naturales que pueden derivar en casos de desastre; por ejemplo, uno al que esta mayormente expuesto gran parte del territorio nacional, son los sismos, que en el transcurso de la historia han sido de impacto significativo especial, tanto por su frecuencia como por los daños que han ocasionado. En la dinámica de la naturaleza de nuestro país, la presencia de fallas geológicas activas y la acción de las placas tectónicas son factores siempre presentes. En la ciudad capital, y en otras ciudades del país, a estos elementos se adicionan características adversas del subsuelo y gran densidad poblacional, que propician riesgo sísmico.

El pasado 19 de septiembre de 2017, el Estado de Morelos fue testigo de la peor catástrofe presentada en territorio morelense, pues un sismo de magnitud 7.1 en la escala Richter en las cercanías de Axochiapan, provoco pérdidas humanas y daños a viviendas, vialidades y estructuras en general. En el presente artículo se indicará lo acontecido, y conoceremos más a detalle este tipo de eventos naturales.

## Fundamento Teórico

Primeramente definiremos a los sismos como una liberación repentina de energía que tiene la capacidad de propagarse en todas direcciones. En ocasiones estos movimientos son mayormente percibidos en una de sus componentes horizontales o en la vertical.

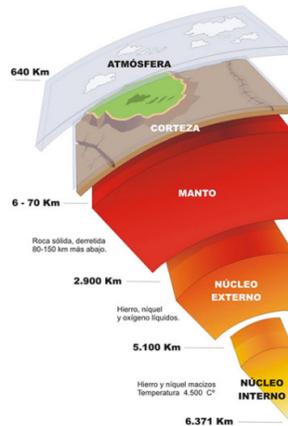
Existen varias fuentes que dan lugar a los sismos, las de origen natural y de origen artificial. Las primeras son generadas por fenómenos de tipo geológico:

movimientos tectónicos, actividad volcánica, colapso de laderas, impacto de meteoritos o derrumbe de cavernas. Particularmente, los sismos de origen tectónico son los que suelen generar gran impacto y destrucción. Para el caso de sismos de origen artificial o inducido, las fuentes pueden ser muy variadas, desde la utilización de explosivos en la industria, pruebas nucleares o inyección de fluidos en pozo. La diferencia de estos eventos con los anteriores es que las magnitudes que pueden generar son notablemente más pequeñas, así como los grados de afectación.



**Figura 1.-** Figura donde se aprecia el colapso del Hotel Regis en la Ciudad de México. Sismo del 19 de septiembre de 1985.

La Tierra está formada por varias capas concéntricas con diferentes composiciones y características (figura 2)

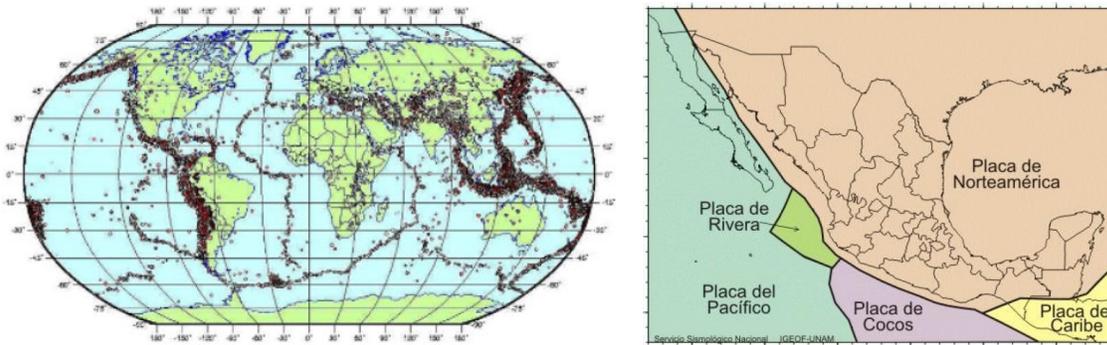


**Figura 2.-** Figura donde se muestra el corte de la tierra con su estructura interna.

Partiendo del centro son: núcleo interno (se trata de un sólido muy caliente), núcleo externo (su composición es de característica líquida), manto (altas presiones y temperaturas, que hacen que el material se comporte de forma plástica), y corteza (capa exterior más externa de la tierra).

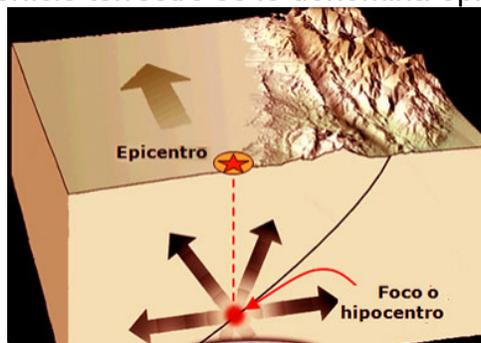
Existen siete grandes placas, seis de éstas están identificadas con el nombre de la masa continental que alojan (Euroasiática, Norteamericana, Sudamericana, Australiana, Africana, Antártica, Pacífico); además hay ocho placas pequeñas que son importantes especialmente porque su interacción con las otras placas genera sismos de magnitud considerable en algunos países. México se encuentra casi en

su totalidad sobre la placa Norteamericana, aunque es afectado por la interacción de cinco placas que son: Norteamericana, Pacífico, Cocos, Caribe y Rivera. Toda la franja alrededor del océano pacífico es conocida como el cinturón de fuego, anillo de fuego o circumpacífico. Cabe recordar que en los últimos años se han presentado sismos de enorme magnitud en estos países, como los de Indonesia de magnitud 9 (2004) y 8.6 (2012); el sismo de Japón de magnitud 9.0 (2011), o el de Chile de magnitud 8.8 (2010). Basta decir que el sismo más grande registrado ocurrió también en las costas de Chile en 1960 de magnitud 9.5.



**Figuras 3 y 4.-** Mapamundi de los epicentros en el planeta Tierra y las placas tectónicas que interactúan en territorio mexicano respectivamente

Al paso de los años y décadas, los movimientos entre placas van acumulando energía potencial, ya que existe fricción entre las placas, que se deforman y se resisten a movilizarse. Esto continúa hasta que se vence la fricción o se produce la fractura de la placa, entonces se libera súbitamente la energía potencial acumulada, que se convierte en energía de movimiento con la generación de ondas sísmicas, que viajan como las ondas de agua en un estanque al que se arroja una piedra. Si bien el sismo se produce por el rompimiento de una extensa área que puede medir cientos de kilómetros cuadrados, con la finalidad de tener referencia, se ubica el origen del sismo en un solo punto, conocido como foco o hipocentro, que se identifica por sus coordenadas geográficas y su profundidad. A la proyección de este punto sobre la superficie terrestre se le denomina epicentro.



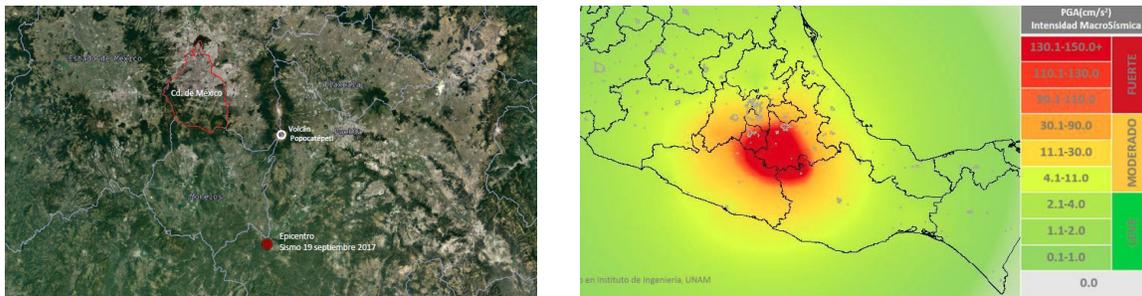
**Figura 5.-** Foco o hipocentro y epicentro al presentarse un sismo

Por otra parte, es importante mencionar que como replicas, se les conoce a aquellas que cuando ocurre un sismo de magnitud considerable las rocas que se encuentran cerca de la zona de ruptura sufren un reacomodo, lo que genera una serie de

temblores en la zona. El número de las réplicas puede variar desde unos cuantos hasta cientos de eventos en los próximos días o semanas de ocurrido el temblor principal. La ocurrencia de temblores en los estados de Chiapas y Oaxaca es frecuente. Hasta la fecha no se cuenta con técnicas científicas en ninguna parte del mundo que puedan determinar cuándo o dónde ocurrirá un sismo, tampoco se puede saber qué tan grande será o qué efectos tendrá en la población.

## Resultados y Discusión

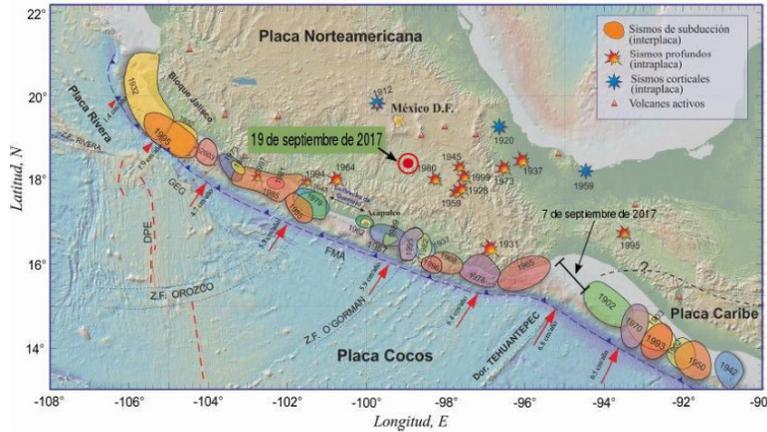
El día 19 de septiembre de 2017 el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo con magnitud 7.1 localizado en el límite estatal entre los estados Puebla y Morelos, a 12 km al sureste de Axochiapan, Morelos y a 120 km de la Ciudad de México. Este sismo ocurrido a las 13:14:40 horas, fue sentido fuertemente en el centro del país. Las coordenadas del epicentro son 18.40 latitud N y -98.72 longitud W y la profundidad es de 57 km (Figura 6 y 7). Hasta las 18:00 hrs del 19 de septiembre se habían registrado 6 réplicas.



**Figuras 6 y 7.-** Figuras donde se aprecia la localización del sismo del 19 de septiembre de 2017 y las intensidades del mismo respectivamente.

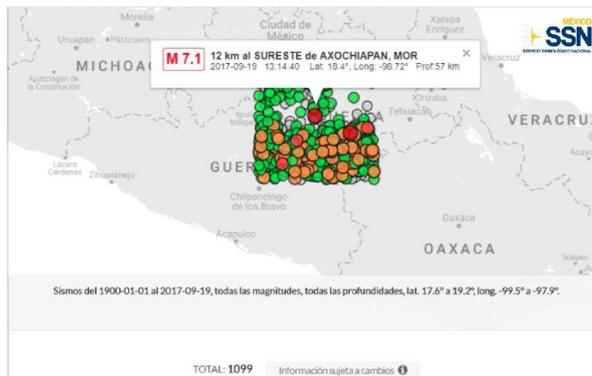
En la figura 7, se puede observar las intensidades presentadas por este sismo, donde claramente se encuentran las máximas en los estados de Puebla, Morelos y Guerrero.

Los sismos más importantes que han ocurrido en territorio mexicano se muestran en la figura 8. El círculo de color rojo indica el lugar del epicentro del sismo de 19 de septiembre de 2017, la línea de color negro es la zona de ruptura del sismo del 7 de septiembre de 2017 que se presentó en el estado de Oaxaca. Las elipses corresponden a las áreas de ruptura de los sismos interplaca que han ocurrido en México. Las estrellas rojas y azules son los epicentros de estos sismos intraplaca, en rojo los sismos profundos y en azul los sismo someros. Recordemos que los sismos liberan energía que se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno, por lo que un sismo intraplaca ocurre dentro de una placa tectónica, mientras que los interplaca ocurren en los límites de dos placas tectónicas.



**Figura 8.-** Áreas de ruptura de los sismos más importantes que han ocurrido en México. El epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017 se representa con un punto de color rojo.

Es común la ocurrencia de sismos entre los estados de Puebla y Morelos. En la figura 8 se pueden observar los epicentros de los eventos sísmicos que ha reportado el Servicio Sismológico Nacional desde el año 1900 a la fecha. El 24 de octubre de 1980 hubo un sismo de magnitud 7.1 a 19 km al Oeste de Acatlán de Osorio, Puebla, el cual ocasionó daños en la Ciudad de Puebla. El epicentro del sismo de 1980 se localizó a 57 km al sureste del epicentro de este sismo del 19 de septiembre del 2017.



**Figura 8.-** Epicentros de los eventos sísmicos en la región entre lat 17.6 a 19.2 y longitud -99.5 a -97.9 desde el año 1900 a la fecha. El color indica la magnitud, rojo para mayores de magnitud 6, naranja de magnitud entre 4 a 5.9 y verde menores a 4

Al 5 de octubre el número de fallecidos a causa del sismo del 19 de septiembre era de 369. La Ciudad de México reportó 228 decesos, Morelos 74, Puebla 45, el Estado de México 15, Guerrero 6 y Oaxaca 1. Mientras que en el estado de Morelos, de las 15 mil 704 viviendas con reportes de daños, 2 mil 716 presentan daño total.

Cabe señalar que la población del Instituto Tecnológico de Zacatepec realizó una labor exhaustiva en apoyo a las comunidades afectadas, ya que sirvió de acopio, albergue, entrega de víveres, entre otras. La academia de Ciencias de la Tierra del mismo instituto, así como otras asociaciones, organismos, colegios e instituciones del país, realizó también labores de revisión de viviendas en apoyo a las comunidades afectadas.

**Tabla 1.-** Porcentaje del total de viviendas evaluadas en diferentes comunidades por parte de docentes de Ingeniería Civil del Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Comunidad	Porcentaje
Tetecala	35%
Puente de Ixtla	25%
Zacatepec	11%
Jojutla	6%
Tepalcingo	4%
Tlaquiltenango	4%
San José Vista Hermosa	3.3%
Galeana	3.3%
Huitzilac	2.6%
Otras comunidades	5.8%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

La anterior tabla, muestra el porcentaje de viviendas evaluadas (cerca de 300 viviendas) en las diferentes comunidades afectadas, encontrándose que los mayores daños se presentaron en los municipios de Jojutla, Zacatepec, Tlaquiltenango y Puente de Ixtla, respectivamente, encontrándose que alrededor del 50% de los daños se presentaron por el diseño estructural (aumento de pisos o ampliaciones sin considerar la cimentación, viviendas antiguas sin ser reforzadas, desconocimiento de normatividad vigente en cimentación, puertas, ventanas, losas de entrepiso, etc.), un 45% en lo que a procedimiento constructivo se refiere (estribos hasta cada 35 cm de separación, el no confinamiento en puertas, y ventanas, bajo rendimiento en los elementos de construcción, no contar con supervisión adecuada en el desarrollo de los trabajos, etc), y otro 5% a otras causas como el tipo de suelo y daños por vivienda colindante colapsada o dañada.



**Figura 9.-** Gráfica de porcentajes de daños significativos en las viviendas.



**Figura 9.-** Gráfica de porcentajes de daños significativos en las viviendas.

En las figuras anteriores se aprecian algunos daños en un par de viviendas, debidos al mal diseño estructural y mal empleo del procedimiento constructivo, que son típicos en la construcción de las mismas.

## Conclusiones

El sismo del pasado 19 de septiembre de 2019, nos muestra una vez más el poder de la naturaleza, que somos vulnerables, y que no estamos preparados para este tipo de desastres; por lo que las autoridades, centros y organismos correspondientes deben de preparar planes más eficaces y una mejora en la organización y ejecución de los mismos.

Es de importancia considerar el apoyo de profesionistas acreditados para el asesoramiento de la futura construcción de viviendas, en la cual es necesario considerar el estudio de mecánica de suelos, los estudios de factibilidad, el proyecto arquitectónico y estructural siguiendo la normatividad vigente, lo que considerablemente mejora la seguridad estructural de las viviendas, ya que con el presente sismo, se demostró que las viviendas construidas de manera adecuada no sufrieron daños o estos fueron mínimos.

Gran parte de las edificaciones dañadas mostraron datos persistentes en estructuras con edades avanzadas, realizadas en etapas diferentes o con crecimientos o ampliaciones construidas sin supervisión calificada o los cálculos pertinentes para estos. Por lo que es de suma importancia la necesidad de que además de que sean las edificaciones construidas bajo el apoyo y supervisión de profesionales en estructuras, las autoridades garanticen la aplicación de las normas de construcción vigentes.

## Referencias

1. Espíndola José (20 de octubre de 2017). Sismos interplaca e intraplaca ¿Cuáles son sus diferencias? El Universal, sección Ciencia y Salud. Recuperado el 28 de febrero de

2019 de <https://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/ciencia/sismos-interplaca-e-intraplaca-cuales-son-las-diferencias>

2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Comunicado de prensa núm. 419/17 29 de septiembre de 2017. Estadísticas sobre las afectaciones de los sismos de septiembre de 2017 en las actividades económicas. [versión electrónica] [http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/usieg/comunicados/economia\\_1.pdf](http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/usieg/comunicados/economia_1.pdf)
3. Plano Informativo (19 de septiembre de 2016 ). 19 de septiembre, el día que cambió a México, a 31 años del sismo de 1985. Recuperado el 22 de enero de 2019. Plano Informativo, la noticia antes que nadie <http://planoinformativo.com/480967/19-de-septiembre-el-dia-que-cambio-a-mexico-nacionales>
4. Sánchez-Correa, Mara e Islas-Arredondo, Isabel (25-October-2017), Instituto Belisario Domínguez. Coordinación Ejecutiva de Investigación. Senado de la República. Recuento de los daños 7S y 19S: a un mes de la tragedia [versión electrónica]. [http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/3721/2017\\_16\\_NE\\_Recuento%20de%20da%C3%B1os\\_231017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/3721/2017_16_NE_Recuento%20de%20da%C3%B1os_231017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
5. Torres Álvarez Carlos Roberto (2018). Efectos de Sitio en la Cd. de México durante el Sismo del 19 de septiembre de 2017. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica. Revista Geotécnica No. 246 Diciembre 2017 – Febrero 2018. 18-22.

# DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN DE UNA PRESA DERIVADORA” CASO DE ESTUDIO: PRESA SAN NICOLÁS TOLENTINO MUNICIPIO DE IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA

C. F. Montes de Oca-Flores<sup>1</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, M. G. Estrada-Chávez<sup>2</sup>, R. A. Briseño-Ramiro<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Zacatepec Departamento de Ciencias de la Tierra, Calzada Tecnológico No.27, Zacatepec, Morelos, México C.P. 62780- [fernandoz52@hotmail.es](mailto:fernandoz52@hotmail.es), [jose.rc@itzacatepec.edu.mx](mailto:jose.rc@itzacatepec.edu.mx), [margech.93@gmail.com](mailto:margech.93@gmail.com). <sup>2</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuaunahuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México C.P. 62550 [r.brisen@tlaloc.imta.mx](mailto:r.brisen@tlaloc.imta.mx)

*Área de participación: Estructuras (IC)*

**Resumen:** En el presente trabajo se analiza las presas derivadoras, tomando como caso de estudio la presa derivadora “San Nicolás Tolentino”, situada en el municipio de Izucar de Matamoros, Puebla. En dicho trabajo, se realizó la revisión física, funcional y operacional para poder así definir y concientizar la problemática de inundación de la comunidad. Dentro del estudio de la presa se realizó una metodología para conocer las áreas de inundación mediante el programa HEC-RAS, dentro de esta metodología se tomaron en cuenta los factores que repercuten para el análisis tal es el caso de los asentamiento urbanos cerca de la presa y las condiciones en las que se encuentra la misma. Cabe señalar que se menciona también la forma en cómo operan la presa derivadora y el mantenimiento que se le proporciona a la misma. Una vez analizado el estudio físico, funcional y operacional, se mencionarán las conclusiones y las posibles soluciones.

## Introducción

Las Presas Derivadoras son estructuras que se construyen principalmente en ríos para captar las aguas del mismo durante gran parte del año, cuando se producen las lluvias o cuando las aguas descienden a sus niveles más bajos en el período de estiaje, o también para captar las aguas que se almacenan en embalses aguas arriba durante las temporadas lluviosas y luego se envían a las zonas de riego en la temporada de estiaje.

Estas obras deben ser cuidadosamente diseñadas, puesto que necesitan ser suficientemente robustas como para soportar la fuerza de las crecidas de los ríos durante las lluvias más intensas, pero también muy eficientes como para captar las escasas aguas que escurren durante la temporada seca. Una presa derivadora mal diseñada o mal construida puede ocasionar innumerables dificultades a los usuarios de los sistemas de riego, con elevados costos en las reparaciones o en obras de emergencia que permitan su funcionamiento parcial.

En muchos de los sistemas de riego existentes, en nuestro medio, se presentan una serie de problemáticas, tanto en el diseño como en la construcción de las obras de captación. Esto se debe fundamentalmente a la escasez de especialistas en el

diseño de este tipo de obras, al desconocimiento del comportamiento de los ríos, a la insuficiencia de recursos para incorporar todos los elementos de seguridad necesarios y a las condiciones bajo las cuales han sido construidas.

Dentro del presente trabajo estudiamos la presa “San Nicolás Tolentino” ubicada en el municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla, la cual se encuentra dentro del cauce del río Nexapa y proporciona gran utilidad a los pobladores de dicho municipio ya que la mayoría de las tierras son parcelas de cultivo de caña de azúcar.

### Fundamento Teórico

Siendo constante la necesidad del agua para todos los seres vivos, el hombre ha buscado el modo de aprovecharla en beneficio propio y de todos los elementos que lo requieren, encontrando aguas superficiales y aguas profundas las cuales pueden ser utilizadas.

Las aguas superficiales escurren por arroyos y ríos, siguiendo la pendiente natural descendente de los terrenos. Si el escurrimiento es abundante y más o menos permanente o se conserva un gasto suficiente para las necesidades por satisfacer, es posible utilizarlo con solo interponer un obstáculo en el río que permita sobre elevar el nivel de la superficie del agua para poder extraerla por uno de los lados o si es posible por ambos lados. A este sistema se le llama derivación.



**Figura 1.-** Ejemplo de las partes de una presa derivadora

Por lo que, una presa derivadora es una obra de captación de aguas superficiales mediante una construcción permanente que es interpuesto a todo lo ancho del cauce de un río o arroyo con objeto de remansar sus aguas y poderlas extraerlas por gravedad por alguna de las márgenes o por amba como se muestra en la anterior figura 1.

En México existen más de 500 presas de derivación (SISP, 2016), estas obras constituyen un elemento fundamental para el sistema de conducción y aprovechamiento de zonas de riego. Gran parte de estas obras presentan

problemas de azolvamiento, deterioro en el concreto de sus estructuras, falta de mantenimiento preventivo y correctivo a sus mecanismos de operación, en diversos casos olvidadas e invadidas por los usuarios, realizándose reparaciones para su correcta operación, con el riesgo de un mal funcionamiento, lo que pudiera ocasionar pérdidas económicas por su reconstrucción en la obra, bajos rendimientos en cultivos por escasos del riego y posiblemente daños a la población e infraestructura ubicadas aguas abajo. Dadas las circunstancias que se pueden presentar y expuestas anteriormente se requiere valorar el estado físico y funcional en que se encuentran, después de hacer esta valoración se recomienda advertir a la población si se encuentra en peligro de inundación por falla de alguna estructura de la presa derivadora.

La falla de una presa, puede causar gran pérdida de vidas y de propiedades, cuyo valor puede ser mucho mayor que el de la presa en sí. En primer término es necesario establecer que falla es cuando una presa no satisface las funciones para las cuales fue creada. Por ejemplo, las inundaciones son el flujo o invasión de agua por el exceso de escurrimiento superficial o por acumulación en los terrenos planos provocada por insuficiencia de drenaje natural o artificial. Pueden ser consecuencia de fenómenos hidrometeorológicos (lluvia, huracanes, frentes fríos, entre otros), de la falla de algunos sistemas hidráulicos (presas, bordos, diques, entre otros) y en ocasiones son inducidas.

La magnitud de una inundación provocada por fenómenos hidrometeorológicos, depende de la intensidad de la lluvia, su distribución en el espacio y tiempo, tamaño y forma de las cuencas hidrológicas, así como de las características del suelo, vegetación, drenaje natural o artificial entre otros factores.

Las inundaciones afectan a la población en sus bienes muebles e inmuebles, en ocasiones alteran los cauces, dañan la infraestructura urbana, hidráulica, hidroagrícola, vías de comunicación, entre otros; ocasionando costos económicos, sociales y políticos al país.

## **Resultados y Discusión**

La presa derivadora "San Nicolás Tolentino" se construyó en el año 2011 por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Se encuentra localizada sobre el río Nexapa. Pertenece a la región hidrológica N° 18 (Balsas) dentro de la cuenca Medio río Balsas. El objetivo es derivación para el riego de 625 ha y deriva agua hacia el ejido de Contepec. Esta se localiza dentro del municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla, en las coordenadas geográficas: 18°35'48.7" LN y 98°27 '49.15" LW.



Figura 2.- Ubicación Geográfica de la Presa San Nicolas Tolentino

Las características de la presa se muestran dentro de la siguiente tabla (Tabla1.-)

Tabla1.- Características principales de la Presa San Nicolás Tolentino, Izucar de Matamoros, Puebla	
<b>Tipo de cortina</b>	<b>Rígida de gravedad</b>
<b>Material de la cortina</b>	<b>Mampostería</b>
<b>Longitud de la corona</b>	<b>171.4 m</b>
<b>Ancho de la corona</b>	<b>0.80 m</b>
<b>Longitud total del vertedor</b>	<b>75.51 m</b>
<b>Gasto de diseño de la obra de excedencias</b>	<b>1056.60 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Tipo de obra de bocatoma</b>	<b>Compuertas de tipo deslizante, dos-</b>
<b>Elevación de la corona</b>	<b>1904.44 m</b>

Después de lo anterior, es importante continuar con la realización de una visita de inspección, esta se llevó a cabo con personal del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para proceder hacer la revisión física, funcional y operacional de la presa. En la siguiente figura se muestra los componentes principales de la presa en estudio



Figura 3.- Principales partes o componentes de la Presa en estudio

Posteriormente se continúa con la valoración de cada estructura de la presa derivadora, la cual fue realizada con personal del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Estructura	Observaciones
<p>Cortina</p>	<p>Se trata de una cortina vertedora rígida de gravedad, hecha de mampostería de .80 m de corona, cuenta con una longitud de 171.40 m, su altura máxima desde el cauce es de 2.56 m, por lo que también se podría considerar como un bordo, el concreto deteriorado y desconchado, en avenidas máximas el embalse sobrepasa a la cortina.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="326 1192 672 1461"> <p>Figura 4.- Corona de la cortina .80m.</p> </div> <div data-bbox="727 1192 1052 1461"> <p>Figura 1.- Longitud de la cortina vertedora</p> </div> <div data-bbox="1089 1192 1393 1486"> <p>Figura 2.- Cortina de la presa presenta desconchamiento y deterioro.</p> </div> </div>
<p>Bocatoma</p>	<p>La presa derivadora cuenta con sistema de compuertas en la bocatoma. Dichas compuertas tienen una dimensión de 1metro de ancho x 2 metros de altura. Las compuertas que presenta la presa derivadora presentan corrosión, también presentan una falta de mantenimiento lo cual complica la funcionalidad operacional de la presa. Las compuertas presentan un sistema de seguridad deficiente y rudimentaria para que no sean mal operadas por los vecinos de la comunidad. También se pudo observar que las compuertas presentan azolvamiento, principalmente de vegetación viva y también azolvamiento de troncos arrastrados por la corriente de agua.</p>



**Figura 7.- Compuertas de la presa derivadora.**



**Figura 8.- Cadena y candado utilizados para proteger la compuerta**



**Figura 9.- Las compuertas presentan azolvamiento tanto como de vegetación como de basura.**

El embalse de la presa derivadora presenta azolvamiento en toda la estructura. Uno de los motivos principales el cual presenta este problema se debe a que los asentamientos urbanos han ido en crecimiento por lo tanto se han asentado en las orillas de la presa, por consiguiente han obstruido las vías de acceso hacia el embalse de la presa. Esto influye de manera drástica en el funcionamiento de la presa e inclusive afecta directamente a la operación de las compuertas.

## Embalse



**Figura 10.- Asentamientos urbanos a las orillas de la presa derivadora.**



**Figura 3.- Azolvamiento en el embalse de la presa derivadora.**

Realizada la valoración de las estructuras, se continua con la realización de un análisis mediante un software llamado HEC RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) el cual nos permite simular una avenida máxima, esto nos ayudara advertir a la población de una posible inundación dentro del municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla. El Programa nos ayudará a realizar el análisis para determinar que mancha de población quedará inundada en caso de que la avenida máxima se presente.

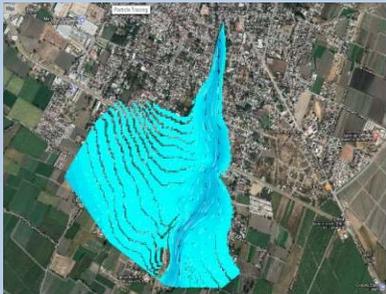
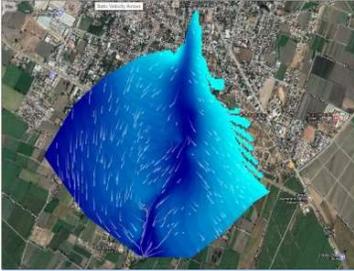
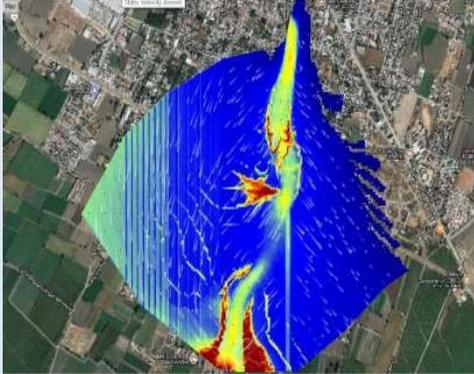
Los periodos de retorno que se utilizaron para realizar la simulación son presentados en la siguiente tabla (

Tabla 1) el cual ha sido creado por el SISP (Sistema de Seguridad de Presas), dentro del hidrograma realizamos una comparativa de dos periodos de retorno que son de 50 años y de 100 años respectivamente.

Tabla 1.- Resultados de gasto y tiempo pico para diferentes periodos de retorno.

TR=2 AÑOS	TR=5 AÑOS	TR=10 AÑOS	TR=20 AÑOS	TR=50 AÑOS	TR=100 AÑOS	TR=200 AÑOS	TR=500 AÑOS
23:15	22:00	21:15	21:00	20:45	20:45	20:45	20:45
79.20 m <sup>3</sup> /s	266.20 m <sup>3</sup> /s	638.00 m <sup>3</sup> /s	1053.00 m <sup>3</sup> /s	1596.30 m <sup>3</sup> /s	2013.80 m <sup>3</sup> /s	2438.70 m <sup>3</sup> /s	3012.20 m <sup>3</sup> /s

Una vez culminada la simulación el programa nos otorga las imágenes y gráficos para darlos a conocer a la población. Esta simulación tiene como ventaja conocer también el lugar por donde el agua adquiere una velocidad mayor.

Resultado	Tr= 50 años	Tr=100 años
<b>Tirante Crítico</b>	 <p><b>Figura 4.-</b> Resultado de analizar tirante con un periodo de retorno de 50 años.</p>	 <p><b>Figura 5.-</b> Resultado de analizar tirante con un periodo de retorno de 100 años.</p>
<b>Velocidad Crítica</b>	 <p><b>Figura 6.-</b> Resultado de analizar la velocidad con un periodo de retorno de 50 años.</p>	 <p><b>Figura 7.-</b> Resultado de analizar la velocidad con un periodo de retorno de 100 años.</p>

## Conclusiones

Después de haber realizado un estudio y una simulación se concluye que la presa derivadora se encuentra en un mal estado tanto físico como funcional por lo consecuente la operación de la misma no es la adecuada para satisfacer las necesidades en su totalidad.

Los habitantes de la comunidad corren peligro al tener asentamiento en las orillas de la presa, por lo tanto no es posible acceder para desazolvar la presa con maquinaria pesada. Por su parte los habitantes ayudan a su azolvamiento arrojando hacia la presa cantidad de basura, es por ello que se encuentran tapones, lo cual implica que el agua no ejerza su cauce natural.

Por ultimo podemos concluir que la presa requiere aportación para una mejora en todas sus estructuras, de lo contrario es cuestión de poco tiempo para que puedan fallar y poner en riesgo a la población en general.

## Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Zacatepec, perteneciente al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

## Referencias

1. Agua, C. N. (2012). Sistema de Seguridad de Presas. Obtenido de Sistema de Seguridad de Presas: <http://201.116.60.136/inventario/hcontactanos.aspx>
2. Cruz, Gonzalo Lugo. (Diciembre de 2004). Obras de Derivación. México D.F., Instituto Politécnico Nacional, México.
3. Gutierrez, Hector Garcia. (2001). Presas Derivadoras. México D.F., Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodesica. Departamento de Ingeniería HidráulicaUNAM, México.

# PROYECTO EJECUTIVO Y SUPERVISIÓN EN CASA HABITACIÓN DE INTERÉS RESIDENCIAL EN FRACCIONAMIENTO LOS LIMONES, JIUTEPEC, MORELOS

**M. Cárdenas-Rodríguez<sup>1</sup>, J. F. Villegas-Santos<sup>1</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, C. Bustos-Mejía<sup>1</sup>**

<sup>1-2</sup>*Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[cardns.mich@gmail.com](mailto:cardns.mich@gmail.com), [jonathanvillegas928@gmail.com](mailto:jonathanvillegas928@gmail.com), [jose.rc@itzacatepec.edu.mx](mailto:jose.rc@itzacatepec.edu.mx)*

<sup>3</sup>*Ingeniería Civil Aplicada a la Construcción y Servicios de Asesoría I.C.A.C.S.A. –  
[carlosbume@hotmail.com](mailto:carlosbume@hotmail.com)*

*Área de participación: Estructuras (IC).*

**Resumen:** El sismo ocurrido el pasado 19 de septiembre del 2017 nos marcó como mexicanos por todas las pérdidas humanas y económicas que se tuvieron, este grave problema se debe a la falta de cumplimiento de las normas especificadas en el reglamento vigente de construcción, ya que este tipo de desastres naturales es algo que no se puede evitar; pero si podemos evitar los errores en el estudio, diseño y construcción, cumpliendo con la normatividades. Este proyecto está basado en el estudio, diseño y supervisión de las normas mexicanas ONNCCE Y CANACERO, El reglamento de construcción del Distrito Federal y El reglamento de construcción de la ciudad de Jiutepec, Morelos.

## Introducción

El aumento de población, es cada vez mayor en Morelos, según INEGI en el año 2017, se registraron 33,159 nacimientos y 12,353 defunciones, es decir que por cada persona que muere 2.7 personas nacen, lo que corresponde que año con año la población crecerá, y la gente buscara un lugar para vivir.

La ingeniería ha llevado años tratando de estudiar y mejorar muchos aspectos, ya que los fenómenos que ocurren de la naturaleza aún se desconocen y son impredecibles, por eso se insiste en que todo se lleve a base de normas y reglamentos, ya que estas han sido realizadas a base de estudios y modelos; y por lo tanto nos dan cierta seguridad si construimos en base a ellas, es por esto que en la avenida de los doctores, Fraccionamiento “Los Limones”, Manzana N-4 Lote-44, en el municipio de Jiutepec, Morelos se realizó el proyecto de Construcción de “Casa Habitación” de la Familia Estrada García; Debido a la importancia del proyecto de la construcción y de su futuro uso, se decidió dejar este proyecto a la empresa I.C.A.C.S.A. para hacer el estudio de mecánica de suelos, diseño estructural, supervisión y control de calidad.

## Fundamento Teórico

Existen diversos factores por los cuales fallan las estructuras. A continuación, se mencionan las 4 estrategias para que una estructura sea más segura: estudio de mecánica de suelos, diseño estructural, control de calidad y supervisión de la construcción.

### ✓ **Estudio de Mecánica de Suelos**

Es conveniente comenzar con un estudio de mecánica de suelos para saber los parámetros reales del subsuelo, debido a la importancia del proyecto de la construcción y de su futuro uso, para así poder definir los tipos de materiales, el desplante óptimo, su capacidad de carga del suelo, agresividad y resistividad del suelo. Para la realización del estudio de mecánica de suelos, se tomó en cuenta lo que marca el R.C.D.F. en el apartado de Cimentaciones en el Capítulo 2. Investigación del Subsuelo, siguiendo lo que marca el Subtítulo 2.2 Reconocimiento del Sitio, 2.3 Exploraciones y 2.4 Determinación de las propiedades en el laboratorio, y apegándonos paso a paso a lo que marcan las Normas Mexicanas sobre Geotecnia.

El propósito es presentar resultados del estudio de geotecnia del terreno para obtener tipo y calidad del suelo a excavar, mediante los resultados de las pruebas de laboratorio y campo; además la capacidad de carga del nivel de desplante recomendado, todo esto, mediante los resultados de las pruebas de laboratorio y campo.

Los objetivos de los estudios de geotecnia a nivel proyecto ejecutivo para una casa habitación, son los siguientes:

- Realizar la exploración de la zona de estudio.
- Conocer la agresividad y resistividad del suelo en la zona de estudio.
- Definir y evaluar estructuras geológicas como fallas activas o zonas minadas, en el subsuelo de la zona de estudio.
- Explorar en sitio las diferentes capacidades de carga admisibles de los diferentes estratos, adecuada para el tipo de proyecto, así como su nivel de desplante.

### ✓ **Diseño Estructural**

Es uno de las más importantes, ya que el proyecto debe llevar una estructuración de acuerdo a las necesidades, para que tenga un mejor comportamiento estructural, tomando en cuenta todo lo que dicta el R.C.D.F. en el Capítulo 3. Especificaciones generales de análisis y diseño, Subtítulo 3.1 Criterios de diseño; El dimensionamiento y detallado de elementos estructurales se hará de acuerdo con los criterios relativos a los estados límite de falla y servicio.

- Estado límite de falla, que se refiere al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga.
- Estado límite de Servicio, se conoce así a la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.
- Diseño por Durabilidad, referido al diseño y detalle de las estructuras por durabilidad para que a expectativa de vida útil sea de al menos 50 años.

### ✓ **Control de Calidad**

Para asegurar que el proceso de la Estructura se hizo siguiendo las resistencias especificadas en el diseño estructural, y que la calidad de los materiales haya sido la correcta de acuerdo a los lineamientos de las normas mexicanas ONNCCE; se debe llevar acabo un control de calidad de materiales, así como el R.C.D.F. lo dictamina en el titulo séptimo de la construcción, Capítulo III de los materiales y procedimientos de construcción:

Art. 204. Deben realizarse las pruebas de verificación de calidad de materiales que señalen las normas oficiales correspondientes y las normas. En caso de duda, la administración podrá exigir los muestreos y las pruebas necesarias para verificar la calidad y resistencia especificadas de los materiales, aun en las obras terminadas. El muestreo debe efectuarse siguiendo métodos estadísticos que aseguren que el conjunto de muestras sea representativo en toda la obra.

### ✓ **Supervisión de la Construcción:**

La supervisión de obra puede ser un factor determinante tanto como para el éxito, como para el fracaso de un proyecto; Estudios han demostrado que gran parte de los problemas en las construcciones, tanto desde el punto de vista de la seguridad, como desde el punto de vista del servicio, no proviene del diseño, ni de los materiales, sino principalmente de la ejecución de la construcción

La supervisión es una actividad para apoyar y vigilar la coordinación de actividades, para así poder cumplir tres objetivos básicos de la supervisión:

- Vigilar el costo
- Vigilar el tiempo
- Vigilar la Calidad

## **Resultados y Discusión**

A continuación, se describen los resultados correspondientes para llevar acabo el correcto funcionamiento de una estructura, describiendo la metodología llevada para el estudio, diseño, análisis y revisión.

## **Estudio de Mecánica de Suelos**

Se realizaron 2 sondeos a cielo abierto y se culminaron con la prueba de la técnica de penetración estándar (SPT); de los cuales se obtuvieron muestras inalteradas y alteradas. De estas muestras se realizaron también las pruebas correspondientes en laboratorio para obtener los parámetros reales del subsuelo.



**Ingeniería Civil Aplicada a la Construcción**

Diseño Estructural - Arquitectónico - Construcción - Ingeniería Ambiental - Edificación  
Control de Calidad - Mecánica de Suelos - Instalaciones Hidro sanitarias y Eléctricas  
Topografía - Abastecimiento de Agua - Alcantarillado - Supervisión - Presupuestos - Asesoría

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE CASA HABITACION AV. DE LOS DOCTORES, V.INTERIOR, M-4 L-44, FRACC. LOS LIMONES, JIUTEPEC, MORELOS**



**POZO A CIELO ABIERTO STP-1 PARA MUESTREO ESTRATIGRÁFICO**

Gilberto Magaña No. 18  
Cof. Miguel Alemán Zocatepec, Mor.  
e-mail: carlosbuma@hotmail.com

Telno. 34 7 86 05. 34 3 09 40  
Núméro: 777 274 17 13  
ID: 6211153137

Figura 1.- Reporte fotográfico de estudio de mecánica de suelos en campo



**Ingeniería Civil Aplicada a la Construcción**

Diseño Estructural - Arquitectónico - Construcción - Ingeniería Ambiental - Edificación  
Control de Calidad - Mecánica de Suelos - Instalaciones Hidro sanitarias y Eléctricas  
Topografía - Abastecimiento de Agua - Alcantarillado - Supervisión - Presupuestos - Asesoría

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE CASA HABITACION AV. DE LOS DOCTORES, V.INTERIOR, M-4 L-44, FRACC. LOS LIMONES, JIUTEPEC, MORELOS**



**EQUIVALENTE DE ARENA**

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Gilberto Magaña No. 18  
Cof. Miguel Alemán Zocatepec, Mor.  
e-mail: carlosbuma@hotmail.com

Telno. 34 7 86 05. 34 3 09 40  
Núméro: 777 274 17 13  
ID: 6211153137

Figura 2.- Reporte fotográfico de pruebas realizadas al suelo en laboratorio

**Diseño Estructural**

El análisis consistió en revisar una sub-estructura con cimentación a base de losa plana (recomendación del estudio de mecánica de suelos) en la cual se desplanto una estructura a base de muros de piezas de mampostería confinada, columnas y trabes, todo esto para soportar el entrepiso y la cubierta hecha de vigueta y bovedilla.

El análisis de muros de mampostería confinados se realizó con el programa ANEM Gcw análisis y revisión de edificios de mampostería.

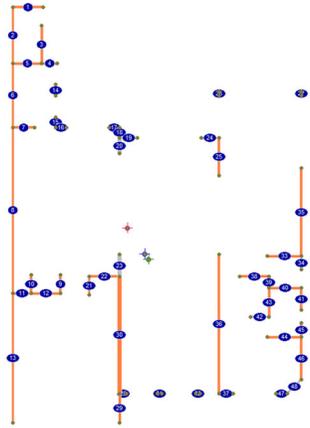


Figura 3.- Planta baja en ANEM GcW

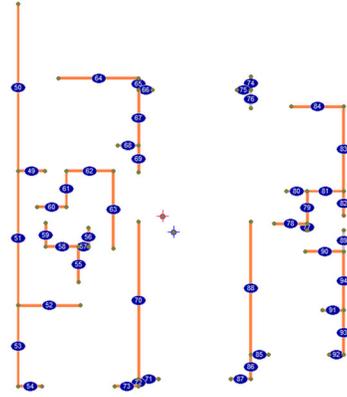


Figura 4.- Planta alta en ANEM GcW

En base a todos los datos obtenidos por el ANEM GcW, y cálculos de losa de cimentación, contratrabes, trabes y columnas se hicieron los planos estructurales.

**Control de Calidad**

Se llevó a cabo la verificación técnica para que la obra cuente con las características específicas para evitar fallas futuras, malos métodos y deficientes prácticas constructivas, todo esto en base a las normas mexicanas ONNCCE.

- NMX-C-511-ONNCCE-2015 “Masa volumétrica seca del lugar por el método de cono y arena”



**INFORME DE COMPACTACIÓN**

DISEÑO DE PROYECTO ALTERNATIVO Y OBRA: <b>PROPUESTA DE CASA HABITACION EN ZONAS RESIDENCIALES.</b>		ENSAYE/BI Nº: <b>1</b>						
LOCALIZACIÓN: <b>AV. DE LOS DOCTORES, FRACC. LOS LINCHES, MANZANA N°4, LOTE 44, MUNICIPIO DE ZITOTEPEC, MORELOS.</b>		FECHA DE RECIBO: <b>19/02/2018</b>						
DIRIGIDO: <b>PANELLA RIVERA, GARCIA</b>		FECHA DE INFORME: <b>21/02/2018</b>						
REPORTE DE CAMPO Nº: <b>1</b>	COMPACTACIÓN ( X )	RECOMPACTACIÓN ( )						
GRADO DE COMPACTACIÓN MÍNIMO ESPECIFICADO PARA LAS CAPAS: <b>90.00 %</b>								
VERIFICACIÓN DE: <b>COMPACTACIÓN DE BASE HERRÁMICA PARA CIMENTACIÓN DE CASA HABITACION EN ZONAS RESIDENCIALES.</b>								
ENSAYE No.	LOCALIZACIÓN	CAPA No.	ESPEZOR DE LA CAPA ENGRAYADA	HUMEDAD DEL LUGAR	PRECIO ESPECIFICADO SECO (H <sub>100</sub> )	PRECIO OPTIMO DEL LUGAR	PRECIO MÁXIMO	% DE COMPACTACIÓN
1	C-01 CENTRAL	BASE	20	9.99	10.00	1,445	1,600	90.31%
2	C-02 SUP. DER.	BASE	20	9.99	10.00	1,440	1,600	90.00%
3	C-03 INF. IZQ.	BASE	20	9.94	10.00	1,455	1,600	90.94%
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: CUMPLE ESPECIFICACIONES DE PROYECTO COMPACTACION DE BASE AL 95% DE LA PRUEBA PROCTOR Y AASHTO T-190 MODIFICADA PRUEBA REALIZADA BAJO LA REFERENCIA S.C.T.NCTRICAR 1 (21/02/18) Y NMX-C-511-ONNCCE-2003								
LABORATORISTA P.ING. JONATHAN VILLEGAS SANTOS				JEFE DEL LABORATORIO ING. CARLOS BUSTOS MELIA				

Déjalo Magaña No. 18  
Caj. Miguel Alemán, Zúñiga, Mor.  
email: carlosbume@hotmail.com

Tel: 34 7 86 05 - 34 3 95 40  
Móvil: 777 224 17 13  
ID: 62711703137

Figura 5.- Informe de compactación



Déjalo Magaña No. 18  
Caj. Miguel Alemán, Zúñiga, Mor.  
email: carlosbume@hotmail.com

Tel: 34 7 86 05 - 34 3 95 40  
Móvil: 777 224 17 13  
ID: 62711703137

Figura 6.- Reporte fotográfico de campo

- NMX-C-083-ONNCCE-2014 “Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes - Método de ensayo”
- NMX-C-156-ONNCCE-2010 “Determinación del revenimiento en el concreto fresco”
- NMX-C-159-ONNCCE-2016 “Elaboración y curado de especímenes de ensayo”
- NMX-C-161-ONNCCE-2013 “Muestreo de concreto fresco”

MUESTREO DE CONCRETO									
Proyecto: "CASA HABITACIÓN DOCTORES, JIUTEPEC"									
Ubicación: ROSA H. ESTADIA ASELAGA Y LILLIANA GARCÍA SÁNCHEZ									
Fecha: Junio, 5 de abril de 2018									
Dirección: AV. DE LOS DOCTORES Y INTERSECC. N-4 L-44, COLONIA LOMAS DE JIUTEPEC, MUNICIPIO DE JIUTEPEC, MORELOS.									
Nº	Nº	Sala	Número	Inicio	Termino	Muestra	Inventarista	Aprobado	
Cole	Remesa	planta	obra			Colección	(km)		
1	1404	12116 p. m.	12145 p. m.	12153 p. m.	12109 p. m.	2	8	DMZEP.	
2	1405	12149 p. m.	12118 p. m.	12124 p. m.	12143 p. m.	-	-	DMZEP.	
3	1406	12115 p. m.	12144 p. m.	12154 p. m.	12110 p. m.	2	9	DMZEP.	
4	1407	12109 p. m.	12135 p. m.	12142 p. m.	12159 p. m.	-	-	DMZEP.	
5	1408	12129 p. m.	12157 p. m.	12108 p. m.	12149 p. m.	-	-	DMZEP.	
6	1411	12155 p. m.	12134 p. m.	12143 p. m.	12158 p. m.	2	8	DMZEP.	
Localización		Observaciones			Especificaciones				
									
CONCRETO COMISA FRENDECALDO									
PLANTA 2 CERRAMICA, MORELOS									
CONCRETO PORTLAND CONVENCIONAL									
MONTAJE/ARMAS: TAB. P. 180, 20X20X100. VIGAS/ALMOSNOS									
CONCRETO ELABORADO EN: CONCRETO COMISA FRENDECALDO									
Módulo de Entrenamiento: 140.00									
Forma de Calado: 12.00									
Anchura/Dimensiones: IMPERMEABILIZANTE									
Tamaño: 12.00									
Nombre: ROBERTO:					Voz. Uta. UBICACIÓN:				
ESPECIFICACIONES									
FC		TAMAÑO GRASA		TIPO DE CEMENTO		Nº.			
250		20		CLASE II		11			
MONTAJE/ARMAS					REVENIO				
P. ING. MICHELLE CÁRDENAS RODRÍGUEZ					ING. CARLOS BRISTOS MEJÍA				

Figura 7.-Muestreo de concreto

RESULTADOS DE ENSAYES A CILINDROS DE CONCRETO									
OBRA: "CASA HABITACIÓN DOCTORES, JIUTEPEC"									
LOCALIZACIÓN: AV. DE LOS DOCTORES Y INTERSECC. N-4 L-44, COLONIA LOMAS DE JIUTEPEC, MUNICIPIO DE JIUTEPEC, MORELOS.									
DIRECCIÓN: ROSA H. ESTADIA ASELAGA Y LILLIANA GARCÍA SÁNCHEZ									
COLADO: Junio, 5 de abril de 2018									
MUESTRA	Nº.	FC	PROYECTO	REVEN. (cm)	FECHA DE COLADO	UBICACIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		
							7D	14D	28D
1	250	8	86/84/2818		12/04/2018		227.27		
2	250	9	86/84/2818		12/04/2018		215.90		
3	250	8	86/84/2818		12/04/2018	CONCRETO PARA LOSAS DE CASA HABITACION	255.68		
4	250	8	86/84/2818		12/04/2018		241.47		
5	250	9	86/84/2818		03/05/2018		264.2		
6	250	8	86/84/2818		03/05/2018		292.61		
OBSERVACIONES									
Los especímenes ensayados a los 7 y 14 días, tienen la resistencia esperada; por lo que los especímenes del concreto utilizado al llegar a los 90 días no presentaran problemas para cumplir especificaciones de proyecto.									
LABORATORISTA				JEFE DEL LABORATORIO					
P. ING. MICHELLE CÁRDENAS RODRÍGUEZ				ING. CARLOS BRISTOS MEJÍA					

Figura 9.- Resultados de ensaye de cilindros



Figura 8.- Reporte fotográfico de campo



Figura 10.- Reporte fotográfico en laboratorio

- NMX-C-407-ONNCCE-2001 “Varilla corrugada de acero proveniente de lingote y palanquilla para refuerzo de concreto”
- NMX-B-506-CANACERO-2011 “Varilla corrugada de acero para refuerzo de concreto”



Figura 11.- Máxima fluencia alcanzada



Figura 12.- Ensayo de varilla

- NMX-C-404-ONNCCE-2012 “Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural”



Figura 13.- Peso de block



Figura 14.- Ensayo de block a compresión

**Supervisión de la Construcción:**

La supervisión de obra se llevó acabo siguiendo los lineamientos de la Norma

- NMX-C-442-ONNCCE-2010 “Servicios de supervisión y verificación de la construcción de vivienda”

Tomando en cuenta todas las actividades realizadas, conforme a lo que dictaminaban los planos estructurales y al correcto proceso constructivo.

BITÁCORA DE OBRA	
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN	
SECRETARÍA DE CONSTRUCCIÓN	
HOJA PORADA: 11	
DATOS DE LA OBRA:	
NOMBRE:	CASA HABITACION DOCTORES
LOCALIZACIÓN:	AV. DE LOS DOCTORES V. INFERNA M.H. 44. COLONIA LOMAS DE JIROPIC. MUNICIPIO DE JIROPIC. MORELOS.
Nº. DE OBRA:	1802CHD
Nº. DE VISITA:	1
FECHA DE INICIO:	16-18
FECHA DE VISITA:	19-Feb.-2018
FECHA DE CONCLUSIÓN:	08-18
HORA DE VISITA:	9:30 AM
DATOS DEL CONTRAISTA:	
NOMBRE O RAÓN SOCIAL:	ARQUITECTO ISRAEL U. MARIACA BELTRAN
TELÉFONO:	728-161-6035
CROQUIS:	
INGENIEROS RESPONSABLES EN OBRA:	
DEL CONTRAISTA	COMPAÑIA
FIRMA, NOMBRE Y CARGO	
Quiénes manifiestan su conformidad de llevar la presente Bitácora de acuerdo con la presente guía.	

Figura 15.- Bitácora de obra

NOMBRE:		ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	
CASA HABITACIÓN DOCTORES		NO. DE REACCIÓN No: 2	
AV. DE LOS DOCTORES Y JIBERNA M-1-44		NO. DE VERA: 1	
COLONIA LOMAS DE JUTEPEC, MUNICIPIO DE JUTEPEC, MORELOS.		FECHA DE VERA: 17 Feb. 2019	
NO. DE HOJA	HOJA	CROQUIS Y FOTOS	
1	Se llevaron acabo 2 colas y la compactación está correcta.		

Figura 16.- Notas y reporte fotográfico

## Conclusiones

Esta metodología que se llevó acabo, da a conocer la importancia de Construir conforme a los reglamentos de construcción y a las normas técnicas complementarias, ya que la presencia de desastres naturales es algo que no se puede evitar, pero si se puede evitar un mal diseño y un mal proceso constructivo, es por esto que si siguiéramos estos protocolos una estructura sería más segura y eso ayudaría para su correcto funcionamiento.

Este trabajo propone argumentos necesarios para una mejor seguridad en las construcciones, pero lamentablemente algunas veces se desconoce o no se toma en cuenta lo ya dictaminado por estudios comprobados; Muchas veces ni siquiera por las pérdidas humanas, económicas que hemos visto en sismos anteriores construimos correctamente.

## Referencias

- 1 Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero CANACERO, Organismo Nacional de Normalización.
- 2 González Cuevas, Robles Fernández; Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado; Limusa 2013; 4ta Edición.
- 3 Luis Arnal Simón, Max Betancourt Suarez; Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal; Trillas 2019; 10ª. Edición 2019.
- 4 Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación S.C. Normas Mexicanas ONNCCE.
- 5 Romél G. Solís Carcaño; La Supervisión de Obra; Ingeniería 8-1 2004
- 6 SEDATU, CONAVI; Código de Edificación de Vivienda; 3era. Edición 2017.
- 7 SMIE, CENAPRED, Leonardo Flores; Diseño de Estructuras de Mampostería; Octubre 2009.

# EL ACERO COMO TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

**A. A. Reyes Zaldivar**

*División de Ingeniería Civil del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso-  
Alsirat.reyes@gmail.com*

**Área de participación:** Estructuras

**Resumen:** Puesto que la industria de la construcción es uno de los principales responsables de la escasez de recursos naturales y de la producción de residuos, desempeña un papel fundamental en el desarrollo sustentable global. Por consiguiente, para ser considerada como una industria sustentable se enfrenta a un gran desafío, quizás un desafío mayor que el de cualquier otro sector industrial. En la construcción se usa aproximadamente el 40% de los recursos mundiales, de igual manera el porcentaje de desechos urbanos que existe tiene un mismo porcentaje proveniente tanto de la construcción como de la demolición. El empleo de acero reciclado en la construcción evita la emisión de cerca de tonelada y media de dióxido de carbono, no solo esto es importante también ayuda a reducir la energía primaria para su producción, es de fácil reciclaje. Todo el acero incorporado en una construcción es recuperable, con un aproximado del 98%. Un edificio de acero, dependiendo de su concepción estructural y de las uniones, es fácilmente desmontable y todo el material es posible de ser reciclado. Estas tasas de recuperación son, también, más altas que otros materiales de construcción. Al acero se le identifica normalmente como un material «amigo del ambiente», esencialmente gracias a su potencial de reciclaje. Sin embargo, no son sólo los beneficios ambientales del acero los que contribuyen a los objetivos de la construcción sustentable. Las estructuras metálicas presentan características naturales que concuerdan con los requisitos de la construcción sustentable, los que la hacen imbatible.

## **Introducción.**

Aunque desde la antigüedad se empleó esporádicamente el hierro para algunos elementos estructurales, no puede hablarse de estructuras metálicas hasta finales del S.XVIII, cuando se difunde el empleo de elementos de fundición e, incluso, estructuras totalmente prefabricadas de este material, aun con ciertos problemas de fragilidad. Después de los elementos de fundición se empezaron a utilizar los de hierro dulce, formándose los elementos estructurales por composición de formas simples unidas mediante pasadores remachados, aunque el hierro dulce se había utilizado esporádica e intuitivamente como elemento de refuerzo desde la antigüedad. A mediados del S. XIX empezaron a utilizarse los forjados metálicos en edificios de viviendas, especialmente en locales húmedos y sobre sótanos, aunque no se generalizan hasta las primeras décadas del S.XX. A finales del S. XIX el acero reemplazó al hierro dulce, aunque todavía hasta los primeros años del S. XX coexistió con los elementos de fundición, especialmente utilizado en columnas. A lo largo de todo este tiempo ha ido cambiando la composición y características de los materiales, con gran influencia en su comportamiento mecánico y posibilidades de interconexión, pasando de las primeras uniones remachadas o roblonadas, típicas de la calderería, a las uniones soldadas y, actualmente a las atornilladas. (Lasheras, 2005) Debido a la propia naturaleza de los materiales que constituyen estas estructuras, las patologías más comunes se concentran en el sistema, más que en el propio material o sistema constructivo. La relación de problemas más frecuentes en las estructuras metálicas es:

- a) Corrosión
- b) Fallo en las uniones
- c) Falta de Rigidez (Rigidez y Vibración)

Otro rubro importante a considerar es el medio ambiente ya que parte del impacto ambiental producido por la construcción de un edificio se debe a la estructura, aproximadamente un 30%. Este hecho hace que la investigación sobre la reducción del impacto estructural sea un camino interesante hacia una edificación más sostenible.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Actualmente, se requiere tener un mejor uso de los materiales que se utilizan para la construcción, como en el caso del reusó de materiales que ayudan a no contaminar y a optimizar los costes de la construcción.

La sociedad debe conocer de este tipo de procedimientos para aumentar los beneficios de costo y calidad de la construcción y para reducir la energía necesaria. A pesar de que globalmente las estructuras metálicas suelen presentar menor cantidad de problemas que otros sistemas constructivos, en edificación, tal vez por su menor uso, éstos se resumen en corrosión y deformabilidad fundamentalmente. No obstante, los fallos que experimentan tienen consecuencias catastróficas.

El acero que es considerado un producto férreo cuyo contenido en Carbono es igual o inferior al 2%. Cuando el contenido en Carbono es superior al 2% hablamos de fundiciones y tiene otras características o propiedades (Jack C. McCormac, 2013). En la actualidad las construcciones de acero son muy frecuentes, el acero se ve presente en un sinnúmero de puentes, edificios y torres, su empleo se debe a que es un material sumamente versátil, de gran resistencia, poco peso, su fabricación es sencilla.

#### **Clasificación de los aceros estructurales**

Según la norma EA-95, se definen las clases de acero por su tipo y la calidad de dicha norma.  $\sigma_R$  (Kg/cm<sup>2</sup>); es la tensión de rotura.

- a) Utilizable en construcciones remachadas.
- b) Utilizable en construcciones remachadas o soldadas y es la más habitual.
- c) Utilizable para construcciones con alta exigencia de soldabilidad.
- d) Utilizable para construcciones soldadas con exigencias especiales de resistencia.

El comercial más habitual es el A42b; la elección del acero depende según las características del proyecto y las posibilidades de compra en cada momento.

Los aceros estructurales generalmente se agrupan según la ASTM (American Estándar Testing of Materials) de la siguiente manera.



Ilustración 1. Clasificación de los Aceros Según la ASTM. Fuente: Elaboración Propia

### Productos Laminados

Para una estructura usamos aceros en una forma estandarizada; que nos ofrece el mercado y la más adecuada en cada momento. A continuación veremos las características de cada uno.

**a) Perfiles IPN o doble T.** Las uniones son redondeadas; tiene muy buena inercia respecto  $x$  y muy pequeña respecto a  $y$ . Su uso es muy recomendable.

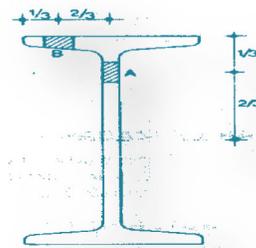


Ilustración 2 Perfil IPN. Fuente Diseño de Estructuras de Acero de McCormac

**b) Perfiles IPE.** Sus lados son rectos.

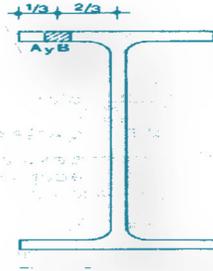


Ilustración 3. Perfil IPE. Fuente Diseño de Estructuras de Acero de McCormac

**c) Perfiles HE.** Según sea la sección normal, ligera o pesada; se le denominará HEB, HEA o HEM. Es parecida a la anterior, pero de sección cuadrada.

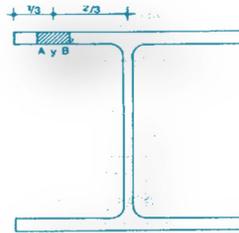


Ilustración 4 Perfil HE. Fuente Diseño de Estructuras de Acero de McCormac

**d) Perfiles UPN.** Son muy utilizados para formar perfiles compuestos.

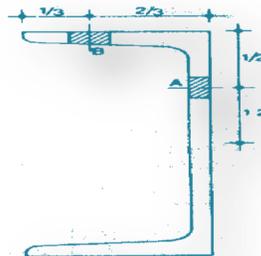


Ilustración 5 Perfil UPN. Fuente Diseño de Estructuras de Acero de McCormac

**e) Perfiles L (angulares).** Sirven como elemento de unión; las dimensiones son iguales. Los LD tiene los lados desiguales.

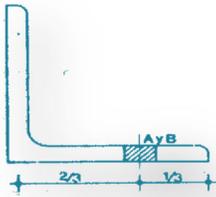


Ilustración 6 Perfil L. Fuente: Diseño de estructuras de acero de McCormac

f) **Perfiles en T.** Pueden tener los lados iguales o no; L1 y L2 pueden ser iguales o no.

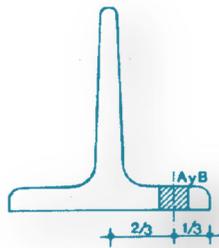


Ilustración 7 Perfil en T. Fuente: Diseño de Estructuras de Acero de McCormac

## REUTILIZACIÓN DE ACERO DE REFUERZO

La Construcción Sustentable implica la adopción de los principios del Desarrollo Sustentable al ciclo global de la construcción, desde la extracción de las materias primas hasta el destino final de los residuos resultantes –análisis de cuna a sepultura– un proceso holístico orientado a establecer un equilibrio entre el ambiente natural y el construido. (Node Engineering Corp, 1997)

Puesto que la industria de la construcción es uno de los principales responsables de la escasez de recursos naturales y de la producción de residuos, desempeña un papel fundamental en el desarrollo sustentable global. Por consiguiente, para ser considerada como una industria sustentable se enfrenta a un gran desafío, quizás un desafío mayor que el de cualquier otro sector industrial.

Al acero se lo identifica normalmente como un material «amigo del ambiente», esencialmente gracias a su potencial de reciclaje. Sin embargo, no son sólo los beneficios ambientales del acero los que contribuyen a los objetivos de la construcción sustentable. Las estructuras metálicas presentan características naturales que concuerdan con los requisitos de la construcción sustentable, los que la hacen imbatible. Los principales aspectos de la sustentabilidad que afectan a la industria de la construcción fueron identificados como sigue:

- a) Materiales de construcción amigos del ambiente. Aproximadamente el 50% de todos los materiales extraídos de la corteza terrestre son transformados en materiales y productos para la construcción.

- b) Eficiencia energética en edificios. La construcción, operación y luego demolición de los edificios llega a aproximadamente el 40% de toda la producción de energía y contribuye con un porcentaje semejante de emisiones de gases con efecto de invernadero.
- c) Gestión de desperdicios de la construcción y demolición. En la Unión Europea los desperdicios de la construcción y de las demoliciones constituyen la mayor fuente de residuos sólidos en términos de peso.

La necesidad de promover prácticas y técnicas ecoeficientes en la industria y de fomentar que la utilización y la gestión de los recursos y residuos sea más eficiente, también es un requisito fundamental del Desarrollo Sustentable, por lo que la industria del acero desempeña un papel de extrema importancia en este sentido (Node Engineering Corp, 1997). El 40% de los recursos mundiales se usa en la construcción e igual porcentaje de desechos urbanos a nivel mundial corresponde a desechos proveniente de la construcción y demolición. Según Worldsteel Association, en promedio, cada tonelada de acero reciclado evita la emisión de 1,5 toneladas de CO<sub>2</sub>; ahorra 1,4 toneladas de mineral de hierro y 13 GJ de energía primaria. La facilidad del reciclaje de acero explica su sustentabilidad y lo posiciona como el material más reciclado del mundo con los siguientes porcentajes de recuperación según aplicación: > 95% para automóviles, > 80% para construcción y alrededor del 70% para embalaje. (Worldsteel Association, 2011)

Las propiedades del acero son las siguientes:

- a) Es total e indefinidamente reciclable: El acero puede ser indefinidamente reciclado sin ninguna pérdida de calidad (multiciclo) y puede volver a su origen una vez que se ha utilizado, manteniendo sus propiedades.
- b) Tiene un alto contenido reciclado: todo el acero que se produce en el mundo tiene un contenido de material reciclado que, dependiendo del proceso de producción, puede llegar desde 15% hasta más de 90%. Estos valores son de los más altos comparados con otros materiales de construcción.
- c) Tiene altas tasa de recuperación para reciclar (98% aprox.): todo el acero incorporado en una construcción es recuperable. Un edificio de acero, dependiendo de su concepción estructural y de las uniones, es fácilmente desmontable y todo el material es posible de ser reciclado. Estas tasas de recuperación son también más altas que otros materiales de construcción.
- d) Tiene un gran potencial de reutilización de materiales: independiente de la posibilidad de reciclar el material recuperado del desmontaje de un edificio de acero, existe una muy alta posibilidad de reutilización de los elementos de acero en su condición inicial. En efecto, una de las características de los edificios de acero es que son enteramente desmontables y transportables.
- e) Tiene alta relación resistencia-peso: el acero tiene la mejor relación peso resistencia de los materiales estructurales conocidos, lo que significa que se pueden obtener las mismas prestaciones estructurales de otro material de construcción, pero con una cantidad de material mucho menor.

## CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

El acero como material tiene la indiscutible ventaja de ser reciclable innumerables veces. Aunque la cantidad de acero reciclado utilizado en la fabricación de acero depende del proceso de producción, se considera el material reciclable por excelencia. Pero, además, el acero como estructura posee ciertas características que hacen de él un material potencial sostenible. Como ventajas de las estructuras de acero podemos encontrar:

- a) Están compuestas, generalmente, por materiales prefabricados. Dicha industrialización hace que el proceso sea mucho más eficiente, reduciendo los errores en obra y los desperdicios de material.
- b) Son elementos que permiten una construcción rápida, facilidad de montaje y desmontaje, ampliación o reducción de viviendas, dando versatilidad a la edificación. Además, al ser los plazos de construcción menores, la utilización de maquinaria y por lo tanto de energía, será durante menos tiempo.
- c) Son estructuras mucho más ligeras que las de concreto, por lo que sus cimentaciones requerirán también menor material.
- d) Se pueden cubrir grandes luces con secciones mucho menores que las del concreto, es decir con menor cantidad de material y peso.
- e) Con una buena gestión, se podrían desmontar y ser utilizadas en otro lugar, y en caso de no ser posible, pueden volver a fundirse y entrar de nuevo en el proceso de fabricación.

Claro está que siempre habrá que atender a la conveniencia o no de su utilización según el ambiente en el que esté el edificio, a fin de asegurar su correcta durabilidad y evitar corrosión. El gran inconveniente de las estructuras de acero es el elevado impacto ambiental que produce su producción. Hoy en día, existen 2 procesos de producción de acero: la producción en alto horno al oxígeno (Basic Oxygen Furnance, BOF) y la producción en horno de arco eléctrico o voltaico (Electric Arc Furnance, EAF).

En la producción en alto horno se utiliza, generalmente, del 25 al 35% de acero reciclado. En cambio, el porcentaje en el horno de arco voltaico llega hasta el 95%. Esta gran diferencia y algunas diferencias en el proceso de producción hacen que, produciendo acero mediante arco voltaico, se ahorre hasta un 50% de energía. De este modo, un kg de acero producido mediante alto horno (BOF) consume 38 MJ y un kg producido en horno de arco eléctrico (EAF) consume 19 MJ.

### Resultados y Discusión

Una vez analizados los pros y contras de las estructuras de acero y su producción, nos centramos en el análisis de un elemento constructivo en concreto: las vigas. Ya que una de las ventajas que nos ofrecen las estructuras de acero es la posibilidad de cubrir grandes luces con secciones no excesivas, analizamos una situación de grandes luces para distintos perfiles o tipologías. De esa manera, sabiendo el

impacto que produce cada sistema y la cantidad de material utilizado, podremos concluir en la eficiencia o no de ciertas tipologías.

El aumento y la mejora del reciclaje de acero reduce así el impacto ambiental. Desde 1970 el sector siderúrgico ha disminuido sus emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por tonelada de acero producida en más del 75%. Desde 1960 ha bajado en un 95% el agua consumida, al reutilizarla en los procesos, y los vertidos se limitan a purgas o evaporación para enfriar procesos. Entre el 90% y el 100% de los residuos y subproductos del proceso se valorizan. Las escorias, por ejemplo, se reutilizan como áridos en la construcción de carreteras o la producción de cemento

## Conclusiones

La energía consumida para producir un kg de viga con perfiles estándar es bastante similar sea cual sea la forma de dichos perfiles. Además, la diferencia entre construirlo con uniones soldadas o uniones atornilladas y soldadas es casi despreciable. En las vigas sí es importante la elección entre soldadura o atornillado, ya que el número de uniones es mucho mayor y la energía eléctrica utilizada para las soldaduras produce un gran impacto ambiental. Las estructuras de acero inoxidable son a priori las menos adecuadas desde un punto de vista de la sostenibilidad, además de ser bastante delicadas a la hora de su puesta en obra. Por lo que deberían ser utilizadas sólo en casos imprescindibles, en lugares con ambientes muy agresivos en los que no se pueda utilizar otro tipo de estructura.

En cuanto al precio, observamos que la construcción de una viga es mucho más cara que la de perfiles estándar, debido principalmente al aumento de mano de obra especializada. Desde una visión global podemos concluir que con el empleo de vigas en lugar de perfiles estándar para grandes luces, ahorramos un 44% de energía (aproximadamente) en la estructura y un 13% en la totalidad de la edificación. Es, por tanto, un criterio a tener en cuenta desde la fase de diseño de cualquier edificio con grandes luces.

El estudio de un elemento aislado de una estructura sirve para darnos la magnitud de las decisiones que tomamos. Pero en el diseño real de un edificio, entender la estructura como un todo nos ayudará mucho para conseguir un ahorro en material. Arriostrar adecuadamente frente a acciones horizontales, el diseño de voladizos, conseguir una estructura sin zonas sobrecargadas excesivamente y sencilla, la interacción estructura-edificio como un proyecto único que conlleve una estructura óptima será determinante para conseguir el máximo ahorro energético.

## Referencias

1. Barreiro, J. A. (2004). *Fabricación de hierro, aceros y fundiciones*. España: Urmo.
2. Lasheras, R. M. (2005). *PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS Y MIXTAS. CURSO DE REHABILITACIÓN. TOMO 5. LA ESTRUCTURA*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

3. AA.VV. (1981): CURSO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA EDIFICACIÓN. CURSILLO 3. ESTRUCTURAS METÁLICAS. Ed. COAM, Madrid, 1981. ISBN 84-85572-28-9 (Biblioteca ETSAM Depósito 20.026)
4. Monjo Carrió, J; Maldonado Ramos, L. (2001): PATOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS ARQUITECTÓNICAS, Ed. Munilla-Lería, Madrid, 2001. ISBN 84-89150-52-4 (Biblioteca ETSAM: 69.059 MON PAT)
5. F. Quintero Moreno (1991): *Algunas ideas sobre rehabilitación de estructuras de acero en edificación urbana*. CURSO DE PATOLOGÍA, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS. TOMO2. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid, 1991. ISBN 84-7740-040-7 (Biblioteca ETSAM: 69.059 CUR pat 2)
6. C. Broto i Comerma (2005): ENCICLOPEDIA DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN. Ed. Links International. Barcelona, 2005. ISBN 84-89861-95-1 (Biblioteca ETSAM: 69.059 BRO enc-3)
7. John and Nicola Ashurst (1988): PRACTICAL BUILDING CONSERVATION. VOL. 4: METALS. Ed. Gower Technical Press. Aldershot, 1988 ISBN 0-291-39748-4 (Biblioteca ETSAM: 69.059 ASH pra-4)
8. Jack C. McCormac, S. F. (2013). Diseño de Estructuras de Acero. México D.F.: Alfaomega.
9. Node Engineering Corp. (1997). The Competitiveness of the Construction Industry. Communication from the European Commission, (pág. 8). Surrey.
10. Worldsteel Association. (2011). Providing the basis for LCA studies. LCA, (pág. 61).

# DISEÑO DE UN MORTERO ECOLÓGICO, PARA UNA APLICACIÓN ARQUITECTÓNICA

**A. Ruiz-Posada<sup>1</sup>, A. Antonio-Calandón<sup>2</sup>,  
A. Coronado-Márquez<sup>3</sup> y M. Selvera Acevedo.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Alumna de la carrera de Arquitectura del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. [ruiz\\_ale96@hotmail.es](mailto:ruiz_ale96@hotmail.es), Priv. Bolívar #5612 col. Matamoros, Nuevo Laredo Tamaulipas México , <sup>2</sup> Alumno de la carrera de Arquitectura en el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. [Soccer\\_alberto95@hotmail.com](mailto:Soccer_alberto95@hotmail.com) <sup>3</sup> Docente en la Carrera de Arquitectura del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. [Alcoma83@hotmail.com](mailto:Alcoma83@hotmail.com) <sup>4</sup> Docente de Matemáticas en Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. [Mariano\\_sa76@hotmail.com](mailto:Mariano_sa76@hotmail.com)

**Área de participación:** Estructuras (IC)

**Resumen:** De acuerdo a la definición de mortero, el cual se compone de agregado fino, cemento y agua, y dada su aplicación e importancia en la industria de la construcción; hemos optado por diseñar un mortero ecológico para una aplicación arquitectónica. Viendo que en la actualidad los materiales utilizados en la construcción deben relacionarse con el medio ambiental, seleccionamos para su elaboración desperdicios de papel de uso reciclado, añadiendo en pequeñas cantidades haciendo la función de un aditivo. Este aditivo modificara sus propiedades físicas y mecánicas. Entendiendo que caracterizaremos los materiales a utilizar para conocer la consistencia de la mezcla y su capacidad a la compresión a edades tempranas (7 y 14 días). La base para el desarrollo de los morteros y comparación de los resultados se establece a partir de un mortero de uso comercial. La ventaja de utilizar este mortero se refleja en su uso para dar un acabado arquitectónico.

## Introducción

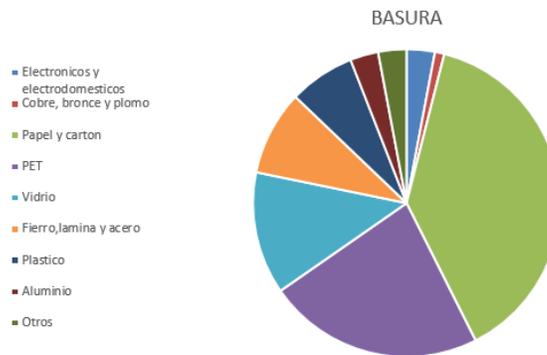
El uso de los morteros data desde 7000 a.C, se han encontrado casas construidas con ladrillo, y con suelos de mortero de cal (Alvarez,2015).

Mortero, en su definición más general es toda mezcla de [cemento + arena + agua]. Él puede tener función estructural o no tenerla. Los morteros usados en mampostería (pega o relleno) o los usados para fundir elementos estructurales, si poseen tal función. De acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra. (Salamanca,2001)

Viendo la importancia de los morteros y su aplicación dentro de la industria de la construcción buscamos diseñar un mortero que llamaremos "Mortero Ecológico". Ecológico, porque buscamos que esté relacionado con el medio ambiente, tomando en cuenta que para su diseño utilizaremos como material aditivo el uso del papel reciclado.

En México se recolectan diariamente 86 mil 343 toneladas de basura, es decir, 770 gramos por persona y son generadas principalmente en viviendas, edificios, calles, avenidas, parques y jardines. (INEGI, módulos ambientales,2010)

En la figura 1 podemos apreciar la forma de cómo está dividida la cantidad de basura de acuerdo a su clasificación: electrónicos y electrodomésticos, cobre, bronce y plomo, papel y cartón, pet, vidrio, fierro, laminas y acero, plástico, aluminio, otros.



**Figura.1** “Gráfica con los porcentajes de diferentes clasificaciones de basura” (INEGI, módulos ambientales, 2010).

De acuerdo con los resultados proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se decidió utilizar papel reciclado, ya que es un recurso renovable que podemos utilizar varias veces. De esta manera el papel que desechamos en nuestro centro de trabajo podemos darle otra utilidad.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

#### AGUA

El agua es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es  $H_2O$  y se trata de una molécula muy estable. El agua es una sustancia que se encuentra en el ambiente en cualquiera de los tres estados de la materia sólido, líquido y gaseoso. Los ríos son necesarios para abastecerse de agua potable. Definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y El Fondo de las Naciones Unidas para la infancia (UNICEF) como el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar (agua.org.mx, 2017). Adam M. Neville nos habla que la calidad de agua, ya que las impurezas que contenga pueden interferir el endurecimiento del cemento, afecta negativamente la resistencia del concreto u ocasionar el manchado de su superficie, así como llevar a la corrosión del refuerzo. La calidad del agua considera en una cláusula que establece es que esta debe sea apta para beber (Neville, 1988).

El agua que hay en nuestra ciudad es obtenida por el río llamado Río grande o Río Bravo y la planta tratadora es Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (COMAPA) podemos observar en la figura. 2 y se encarga de hacer posible el tratamiento de agua potable.



**Figura 2.** “Cisterna con el agua a tratar”.

### **ARENA**

La arena es un conjunto de partículas de rocas divididas, su composición varía según su naturaleza y condiciones de supervivencia. La clasificación de la arena dependiendo el tamaño de sus granos. Las arenas gruesas pasan una malla de 5 mm y son retenidas por otra de 2 mm. Las arenas medias son las que pasan una malla de 2mm y son retenidas por otra de 0.5 mm. y las arenas finas son aquellas que pasan una malla de 0.5mm y son retenidas por otra de 0.02 mm.

Para este proyecto usamos las arenas finas sabiendo que el banco de arena de Asfaltos y Concretos S.A. de C.V. se encuentra en Sabinas, Nuevo León. En la figura 2, podemos observar la arena a utilizar.



**Figura 3.** “Arena a utilizar”.

La norma NMX-C-166-ONNCCE-2006 nos habla del porcentaje de humedad de la arena, donde dos pruebas de 50 gr. de arena colocadas en un vidrio de reloj como se observa en la figura. 4 se introducen dentro del horno por 24 horas a una temperatura de 110°C. En la figura 4 mostramos la imagen sobre los trabajos realizados en esta prueba.



**Figura 4.** “Prueba de humedad a la arena”.

La norma NMX-C-073-ONNCCE-2004 nos habla de la prueba que se realiza para conocer el peso volumétrico seco suelto y compactado donde el primer molde cilíndrico se hace continuo el vaciado de arena, se enrasa con la varilla con ambas manos de forma horizontal y el segundo molde cilíndrico se vacía la arena a cada 10 cm, se procede a dar una compactación al material por medio de una varilla y dar 25 golpes por cada capa. Ya teniendo el molde relleno como se observa en la fig. 5 se pesa cada uno de los moldes para tener los datos precisos. En la figura 5, vemos el cilindro utilizado para realizar la prueba.



**Figura 5.** “Molde cilíndrico con arena”.

La norma NMX-C-165 es la prueba del porcentaje de absorción de la arena donde se va a requerir una muestra de arena secada en el horno durante 24 horas se realizarán algunas pruebas como el llenado del molde troncocónico con material totalmente seco se llena en dos capas dando 10 golpes con el pisón donde se retira el cono hacia arriba, observando que el material se desmorona rápidamente, así como se ve en la figura 6. Se hace el mismo proceso con diferente material, ahora agregándole cantidades diferentes de agua.



**Figura 6.** “La muestra después de haber retirado el molde troncocónico”

La norma NMX-C-007-1997 es la prueba del análisis granulométrico de materiales finos donde se usan diferentes mallas n° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200 como se muestra en la figura 7 para obtener el agregado fino, se necesitó 500 gr. de arena y se efectúa la operación de cribado durante 5 minutos y se usó el agitador mecánico. Se anotan los pesos respectivos de las partículas que quedaron en cada malla.



**Figura 7.** “Recipientes con números diferentes de mallas para obtener agregado fino”.

### **CEMENTO**

Usamos el cemento Cemex Monterrey se aprecia en la figura 8 que cumple con la norma NMX-C-414-ONNCCE-2015 es un cemento portland compuesto.



**Figura 8.** “Cemento Cemex Monterrey”.

### **“Diseño del Mortero Ecológico”**

La norma NMX-C486-ONNCCE2014 nos habla sobre el diseño de mortero y para la elaboración del mortero ecológico se usó 40 gr. de papel + 600 ml. de agua +550 gr. de cemento +1.100 gr. de arena y fueron colocadas en tres moldes de material de acero con tres secciones de 5 x 5 cm. Dentro de esta prueba nos habla también sobre una evaluación de fluidez del mortero mediante un equipo llamado mesa de fluidez manual donde se deja caer el platillo 25 veces y tuvo un incremento del diámetro del 1.92%. De ahí usamos la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004 que nos habla sobre el descimbrado y curado del mortero que fueron colocados en agua para ser curados a 7 y 14 días para realizar su respectiva prueba.

### **MORTERO COMERCIAL**

Mortero Comercial marca Mixsa, que se muestra en la figura 9 es la mezcla formulada con cemento portland y arenas finas solo se agrega agua y cumple la norma NMX-C-021-ONNCCE.



**Figura 9.** “Mortero comercial Mixsa”.

Para la elaboración del mortero comercial se usó sus especificaciones que son: 2 kg de mortero comercial + 500 ml de agua y fueron colocadas en tres moldes de material de acero con tres secciones de 5 x 5 cm. Dentro de la norma NMX-C486-ONNCCE2014 que habla sobre el diseño de mortero esta una de las pruebas que nos habla sobre la evaluación de fluidez del mortero mediante un equipo llamado mesa de fluidez manual donde se deja caer el platillo 25 veces y tuvo un incremento del diámetro del 1.68%. De ahí usamos la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004 que nos habla sobre el descimbrado y curado del mortero que fueron colocados en agua para ser curados a 7 y 14 días para realizar su respectiva prueba.

### ***PAPEL***

El papel es un producto natural, renovable y reciclable. Es natural porque la madera, la materia prima con la se fabrica el papel, procede del árbol. Y es renovable porque el árbol se regenera, vuelve a crecer, y se vuelve a plantar. El papel lo inventaron los chinos hace más de 2,000 años (ASPAPPEL,2010)

El papel es una estructura obtenida en base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Según el proceso de elaboración de la pulpa de celulosa, esta se clasifica en mecánica o química, cada una de las cuales da origen a diferentes tipos de papel en cuanto a rigidez y blancura. Propiedades mecánicas o de resistencia: Rigidez, resistencia, capacidad de absorción de agua. (Revista ARQHYS,2012).

## **Resultados y Discusión**

### ***CARACTERIZACION DE LA ARENA***

Los resultados de la prueba de porcentaje de humedad (NMX-C-166-ONNCCE-2006) nos indica que la arena contiene un 51% de humedad, la prueba del peso volumétrico seco suelto y compactado de la arena (NMX-C-073-ONNCCE-2004) nos marca que el peso volumétrico es mayor cuando es compactado que cuando esta suelto y esto nos ayudara para saber si cumple con los requerimientos para la elaboración del diseño de la mezcla, el porcentaje de absorción de la arena (NMX-C-165) tomando los porcentajes que usamos del 2%,3% y 4% nos pudimos dar cuenta que si excedemos de humedad no perderá la forma y sin humedad existe un escurrimiento del material y por último el análisis granulométrico de materiales finos (NMX-C-077-1997) nos muestra que nuestro módulo de finura es del 2.8 y entra como arena de finura media

**RESULTADOS A COMPRESION DEL MORTERO COMERCIAL**

Con la norma NMX-C-059-ONNCCE-2010 realizamos la prueba de resistencia a la compresión del mortero ecológico y los resultados fueron los siguientes

Resultado de curación a 7 días		Resultado de curación a 14 días	
CUBO	CARGA MAXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )	CUBO	CARGA MAXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )
B7,1	170.99	B14,1	192.89
B7,2	179.80	B14,2	172.70
B7,3	181.14	B14,3	160.79
<b>PROMEDIO</b>	<b>177.31</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>175.46</b>

Cuadro 1. Resultados a compresión del "Mortero Comercial".

**RESULTADOS A COMPRESION DEL MORTERO ECOLOGICO.**

Con la norma NMX-C-059-ONNCCE-2010 realizamos la prueba de resistencia a la compresión del mortero ecológico y los resultados fueron los siguientes (Cuadro 2):

Resultado de curación a 7 días		Resultado de curación a 14 días	
CUBO	CARGA MAXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )	CUBO	CARGA MAXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )
M7,1	23.44	M14,1	21.07
M7,2	23.44	M14,2	29.40
M7,3	23.44	M14,3	29.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.44</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>26.82</b>

Cuadro 2. Resultados a compresión del "Mortero Ecológico".

**Conclusiones**

De acuerdo a los trabajos realizados obtuvimos que la resistencia a compresión a edad temprana (7 y 14 días) en el mortero ecológico apenas se alcanza el 16% de la resistencia de un mortero comercial. Por lo tanto, consideramos que este es solo el inicio de nuestra investigación, ya que necesitamos diseñar nuevas mezclas con dosificaciones diferentes para indicar diferentes parámetros y evaluarlos. Por lo pronto la conclusión a la cual llegamos en la resistencia de la compresión es que su uso lo destinaríamos únicamente como aplicación arquitectónica, es decir, para dar acabados en elementos secundarios.

En cuanto a la consistencia de la mezcla pudimos ver que el mortero ecológico mejoro considerablemente al incrementar el diámetro de la mezcla 14% más que el mortero comercial.

Recomendamos hacer nuevas dosificaciones para el diseño de una mezcla de un mortero ecológico teniendo como base los resultados aquí mostrados.

### **Agradecimientos**

En agradecimiento al Laboratorio de Ing. Civil del Departamento de Ciencias de la Tierra, Tecnológico de Nuevo Laredo y ACC Asesoría, Calidad y Construcción.

### **Referencias**

1. ARQHYS, Arquitectura. "Tipos de arena," Revista ARQHYS (en línea), 2012, consultada por internet el 03, 2018. Dirección de internet: <http://www.arqhys.com/articulos/arenas-tipos.html>.
2. Asociación Española De Fabricantes De Pasta, Papel Y Cartón., El papel/Que es ,2010. Dirección de internet: <http://www.aspapel.es/el-papel/que-es>
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, Módulos Ambientales 2010.
4. Neville,M.A. "Tecnología del concreto," Editorial Trillas, 1988.
5. Salamanca,C.R."La tecnología de los morteros," Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol.11, 2001.
6. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.(ONNCCE)
7. NMX-C-030-ONNCCE 2004, Agregados-Muestreo
8. NMX-C-077-1997, Agregados para concreto- Análisis granulométrico
9. NMX-C-084-ONNCCE 2006, Partículas más finas que la criba 0.075 mm (No 200) por medio de lavado
10. NMX-C-088-1997-ONNCCE, Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino
11. NMX-C-155-ONNCCE-2004, Concreto hidráulico industrializado
12. NMX-C-166-ONNCCE-2006, Contenido de agua por secado
13. NMX-C-170-1997-ONNCCE, Reducción de las muestras de agregados obtenidas en tamaño requerido para las pruebas
14. NMX-C-403-ONNCCE-1999, Concreto hidráulico para uso estructural
15. NMX-C-414-ONNCCE-2015, Cementos hidráulicos

# ESTABILIZACIÓN DE TALUDES A BASE DE ANCLAS COLOCADAS SOBRE MURO MILÁN Y MURO PILA. UBICACIÓN, COLONIA CONDESA, DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC

**F. Salinas-Pedroza<sup>1</sup>, A. Granados-Pineda<sup>2</sup>, R. Moreno-Miranda<sup>3</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [fabian.sp@itzacapec.edu.mx](mailto:fabian.sp@itzacapec.edu.mx) ,

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec-[angelica.gp@itzacapec.edu.mx](mailto:angelica.gp@itzacapec.edu.mx) , <sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec – [rmm01@live.com.mx](mailto:rmm01@live.com.mx) , <sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec - [jose.rc@itzacapec.edu.mx](mailto:jose.rc@itzacapec.edu.mx)

**Área de participación:** Estructuras (IC)

**Resumen:** Este proyecto presenta el procedimiento para la estabilización de taludes a base de cinturones de anclaje, así como abatimiento de nivel freático para la obra “GDC desarrollos inmobiliarios” el cual será un edificio de departamentos de lujo. El proyecto está dividido en dos actividades principales y los procesos que se llevan a cabo para realizar dichas actividades, las actividades a describir son: La construcción del sistema de anclas en cinturones para lograr estabilizar los taludes de las colindancias durante la excavación y la construcción de la edificación la cual contrarrestara los empujes laterales provocados por el suelo y el abatimiento del nivel de aguas freáticas que por la zona en la que se encuentra la construcción puede llegar a causar daños muy graves o retrasos importantes durante la construcción del estacionamiento del edificio. En el presente proyecto se describirán dichas actividades dentro del inmueble con ayuda de reportes fotográficos de los correctos procesos de construcción y planos de estos elementos, así como diagramas para explicar la forma de abatimiento del nivel de aguas freáticas.

**Palabra clave:** Anclas o cinturón de anclaje.

## Introducción

GDC Desarrollos encomendó a Ingenierías Terrestres S.A. de C.V. la realización de la estabilización de los taludes y abatimiento de nivel freático, para la cimentación del conjunto que se construirá en el predio de aproximadamente 1,730 m<sup>2</sup>, localizado en la calle de Chicontepepec No 57, Col. Condesa, en la Ciudad de México. De acuerdo con información preliminar, la estructura contará con 4 niveles de sótanos que ocuparán la totalidad de la superficie, planta baja y 18 pisos; el nivel de piso terminado que alcanzará el sótano inferior con relación al nivel de banquetta es del orden de 12.0 m. Al norte colinda con un estacionamiento y edificio con planta baja, 9 niveles y azotea; al oriente con un edificio con planta baja, 8 niveles y azotea, estacionamiento y con Diagonal Patriotismo.

La cimentación se resolverá mediante un cajón desplantado a 10.9 y 12.4 m de profundidad, así como muros-pila para los apoyos perimetrales, también desplantados a 28.0 m de profundidad. Se realizó un diseño de la excavación mediante muro Milán complementado con anclas postensadas.

Se definieron las cargas del sistema de anclaje para cada nivel, considerando tableros de 2.5, 3.7, 4.5 y 6.0 m, respectivamente. El muro Milán se complementará con 2 y 3 niveles de anclaje, se considera que se tendrán tableros de longitud variable y de una a dos anclas por nivel por tablero, respectivamente.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Las cimentaciones profundas es una estructura cuya sección transversal es pequeña con respecto a la altura y cuya función es trasladar las cargas de una edificación a profundidades comprendidas aproximadamente entre 4m y 40 m.

Los cajones de aire comprimido surgieron al encontrarse con terrenos a excavar muy permeables o flojos debido al posible sifonamiento. Mediante la inyección de aire comprimido se evita el desmoronamiento de las paredes. Mediante este método es posible el acceso directo al fondo para vencer ciertos obstáculos durante el proceso de hinca.

Cuando se tiene un terreno de baja resistencia y el peso de la estructura es mayor a la capacidad del terreno, lo que se hace es un cajón de cimentación para compensar el peso de la estructura, es decir, se hace un hueco que libera peso del suelo y se le mete aire, ese volumen de tierra que se elimina puede ser sustituido por la estructura, Un cajón de cimentación se compone de losa de fondo, paredes laterales, paredes intermedias y losa tapa.

### MURO MILÁN

El muro Milán es una estructura de concreto armado, colado en sitio (in situ). Sirve principalmente como apoyo a las cimentaciones o para contener cortes verticales en excavaciones. Sus aplicaciones en las construcciones civiles son muchas, y entre ellas podemos mencionar obras subterráneas y túneles urbanos, sótanos y cajones de cimentación de edificios, estacionamientos subterráneos, muelles presas, silos, canales de gran sección y cárcamos de bombeo de gran capacidad. Estos muros se perforan con equipos hidráulicos guiados y auto corregibles, equipados con inclinómetros que permiten conocer y corregir las desviaciones de la perforación.

### SISTEMAS DE ANCLAJE

Los sistemas de anclajes constan de un elemento metálico usualmente de acero en forma de barra o compuesto por fibra de vidrio, cable o alambre; material relleno o aglutinante, usualmente lechada o resina; tubos o mangueras utilizados para alimentación del elemento metálico en su instalación y para la inyección del material de rellenos; sistema metálico en cabezal del anclaje, los cuales distribuyen la carga en la cara libre de la roca, tales como platinas metálicas, tuercas y arandelas; y en algunas ocasiones se utilizan cuñas expansivas, propias de anclaje expansivos.

El anclaje activo es un elemento pre-tensionado poco tiempo después de su instalación a un porcentaje entre el 50% y 90% de la carga de trabajo considerada en el diseño, permitiendo que el anclaje aporte gran resistencia rápidamente.

El anclaje pasivo no se tensiona luego de su instalación, permitiendo movimientos en el material circundante inestable hasta lograr el tensionamiento previsto durante el diseño.

Según el tiempo de vida útil de los anclajes, suelen diferenciarse entre temporales, semi-permanentes y permanentes; los anclajes temporales tendrían una vida útil

menor a 6 meses, donde no es requerido al monitoreo debido a que se asume que no ha iniciado un serio proceso corrosivo; los anclajes semi-permanentes, tendrían vida útil entre 6 y 18 meses, requiriendo de monitoreo; y los anclajes permanentes con tiempos mayores a 18 meses requieren de protección ante la corrosión y de monitoreo. En la práctica el calificativo del tiempo de vida útil de los anclajes queda a criterio del diseñador. Siendo temporal el sistema utilizado en obras que facilitarán el proceso constructivo.

#### ABATIMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO

El abatimiento de nivel freático es el conjunto de operaciones destinadas a la evacuación de las aguas freáticas presentes en el terreno y que irrumpen en las zonas donde están los trabajos.

En general, las soluciones para el abatimiento del nivel freático consisten en el empleo de barreras físicas, sistemas de bombeo del agua fuera de la excavación o la combinación de ambas.

Para el drenaje de un nivel freático alto lo mejor es alquilar equipos del tipo wellpoint y bombas sumergibles, aunque también se puede recurrir a los equipos de vacío y otros sistemas.

#### ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

El sitio de la obra se encuentra en la zona denominada Zona de Transición, que presenta irregularidades estratigráficas producto de los depósitos aluviales cruzados; la frecuencia y disposición de estos depósitos depende de la cercanía a antiguas barrancas. Bajo estos materiales se encuentran estratos arcillosos que sobreyacen a los depósitos propios de las Lomas.

Para realizar los estudios de mecánica de suelos se contrató a una empresa experta en este ramo de la ingeniería quienes para definir la estratigrafía del sitio realizaron dos sondeos mixtos a 40.0 m de profundidad, alternando la técnica del cono eléctrico con la de penetración estándar. La técnica del cono eléctrico consiste en el hincado a presión de un cono cuya punta se encuentra instrumentada con deformímetros eléctricos, midiendo la resistencia a la penetración por punta con la profundidad; la técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de dimensiones estandarizadas, definiéndose como resistencia a la penetración estándar el número de golpes para hincar los 30 cm centrales de dicho muestreador, obteniendo al mismo tiempo muestras alteradas.

#### CONDICIONES HIDRÁULICAS

Para establecer las condiciones hidráulicas en la masa del suelo, se instaló una estación piezométrica que constó de un tubo de observación (TO) a 6.0 m de profundidad y dos piezómetros abiertos a 14.2 y 19.8 m de profundidad, cuyas lecturas se muestran en la Tabla1; asimismo, se observó que el nivel freático se localiza a 2.0 m de profundidad aproximadamente.

**Tabla 1.** Condiciones hidráulicas del suelo

Instrumento	Profundidad m	$u_h$ t/m <sup>2</sup>	$u_{pz}$ t/m <sup>2</sup>	$u_{ab}$ t/m <sup>2</sup>
TO	6	—	—	—
Pz-1	19.8	17.8	6.3	11.5
Pz-2	14.7	12.7	1.6	11.1

Nomenclatura:  $U_h$ , presión hidrostática;  $U_{pz}$ , Presión piezométrica;  $U_{ab}$ , Presión abatida.

### ESTRATIGRAFÍA

Costra Superficial: Integrada por los siguientes substratos; De 0.0 a 0.1 m de losa de concreto; De 0.1 a 1.2 m, relleno formado por arena limosa de color café con cascajo; De 1.2 a 6.0 m, limos de baja plasticidad, de color café oscuro y café verdoso de consistencia semirrígida a rígida, con arena fina, cuarzosa y pumítica, con lentes de arena fina y media, cuarzos y pumítica, color verde azulosos, semicompacta.

Serié Arcillosa Superior. De 6.0 a 18.0 m, formada por estratos de limos y arcillas de alta plasticidad de color verde oscuro y gris verdoso, de consistencia semirrígida a rígida, se intercalan con lentes duros de limos arenosos y arenosos, de consistencia dura y compacta, respectivamente.

Depósitos profundos. De 18.0 a 40.0 m, conformados por los siguientes substratos: De 18.0 a 22.6 m, limos de baja y alta plasticidad intercalados, de color verde amarillento claro y verde azulosos, de consistencia muy dura, presentan arena fina cuarzosa y pumítica; De 22.6 a 31.0 m en promedio, arena fina y media, cuarzosa y pumítica, angulosa y limosa, color café amarillento, muy compacta; De 31.0 a 35.5 m promedio, intercalación de arena fina y media cuarzosa, pumítica y limosa color café verdoso oscuro y gris verdoso, muy compacta y limos de baja y alta plasticidad con arena media y fina, cuarzosa, pumítica y andesítica, color café rosado, de consistencia muy dura; De 35.5 a 37.7 m promedio, arena fina y media poco gruesa pumítica andesítica y cuarzosa, limosa, color café amarillento, café rojizo y gris duro, muy compacta; Finalmente de 37.7 a 40.0 m, arena fina y media cuarzosa y pumítica, poco andesítica, angulosa y subángulosa, limosa y color café amarillento y gris verdoso oscuro, muy compacto.

### COEFICIENTE SÍSMICO

Coeficiente sísmico. El coeficiente sísmico, de acuerdo con la Zonificación geotécnica que corresponde con la Zona de Transición vale 0.32; sin embargo se realizó un estudio para obtener el espectro de diseño sísmico del sitio, obteniendo un coeficiente sísmico  $CS=0.299$

### INSTALACIÓN DE ANCLAS

Para ejecutar la excavación y anclas se realizaron los siguientes pasos.

- 1) Demolición y extracción de cimentación y o estructuras perimetrales para trazo y construcción de brocal.
- 2) Construido el muro Milán se inicia la excavación.
- 3) La excavación se inicia por la parte oriente del predio, manejando taludes con relación 1:1, esta primera etapa se llevó hasta 0.5 m por debajo del

- primer nivel de anclas, las cuales tendrán un diámetro de 15 cm y se perforarán con una máquina neumática.
- 4) después de limpiada la perforación se procede a la introducción de los torones de refuerzo, provistos de centradores que garantice el recubrimiento necesario.
  - 5) Lechada de inyección. El espacio anular entre la perforación y los torones se rellenará con una lechada de cemento-agua con una proporción 2:1 en peso, con una resistencia mínima de 150 kg/cm<sup>2</sup>, que se inyectará a una presión de 8.0 kg/cm<sup>2</sup>, pudiendo aceptarse 6.0 kg/cm<sup>2</sup>. Para alcanzar rápidamente la resistencia de la lechada se utilizará un acelerante de fraguado y un estabilizador de volumen (Festermix de FESTER).
  - 6) Torón. El diámetro del torón será de 15.24 mm ( 0.6 de pulgada).
  - 7) Postensado. En un lapso de 3 días, cuando haya alcanzado la resistencia de diseño la lechada, se aplicará el postensado de proyecto.
  - 8) Sistema de reacción. El sistema de reacción de las anclas se resolvió con una caja construida con placas que se sujetará al muro Milán y que deberá contar con la inclinación de las anclas; o bien, con dados de concreto sobre los cuales reaccionarán las placas y sistema de sujeción.



**Figura 1.** Máquina de perforación Trackdill de mediana capacidad

- 9) Una vez colocado el primer nivel de anclas, se continuará con la excavación hasta 0.5 m por debajo del segundo nivel, se instalarán las anclas del segundo nivel y una vez tensadas, se continuará con la excavación hasta 0.5 m por debajo del tercer nivel de anclaje. Esta secuencia se llevará hasta alcanzar el máximo nivel de excavación.

## **SISTEMA DE BOMBEO**

Para lograr el abatimiento del nivel freático y todos los daños que este puede llegar a causar dentro de la obra tales como un posible hundimiento de los sótanos de la obra o el empuje horizontal que este genera se propuso dos sistemas de bombeo conjugados.

- 1) La construcción de los pozos se inicia con la perforación de 25 cm de diámetro, utilizando maquinaria rotatoria, equipada con broca del tipo aletas o de corona, inyectando agua limpia como fluido de perforación.
- 2) Una vez llevada la perforación a 16.0 m de profundidad, se procede con el lavado del pozo mediante la inyección de agua hasta que retorne totalmente limpia,

- 3) Después de lavada la perforación, se coloca el ademe ranurado y forrado con tela de mosquitero, constituido por tubo de PVC de 10 cm de diámetro.
- 4) Finalmente, el espacio anular entre el ademe y la pared del pozo se rellena con material granular limpio de tamaños variables entre 5 y 10 mm (granzón), en toda la longitud del pozo.
- 5) La instalación eléctrica e hidráulica del sistema de bombeo consta de una bomba de 15 HP, cárcamo, líneas principales de inyección y retorno a base de tubo de PVC hidráulico de 4 plg. de diámetro, hidrotomas en las líneas principales, válvulas de globo, manguera tramada de inyección de 1 plg. de diámetro y manguera transparente de retorno de 1 ¼ de diámetro; dentro del pozo se coloca tubo de PVC hidráulico o galvanizado de 1 plg. de diámetro para la inyección y de 1 ¼ para la salida; esta tubería se conecta a las puntas eyectoras ubicadas en el fondo del pozo. Adicionalmente a la instalación hidráulica, se realiza la instalación eléctrica que consta de una línea de conducción de la acometida al tablero de control de la bomba.
- 6) Instalado el sistema de bombeo, se coloca agua en el cárcamo y a través de la línea principal de inyección, se carga el sistema inyectándola a cada uno de los pozos, donde la presión de inyección genera un vacío en el vénturi de la punta eyectora, extrayendo un gasto superior al inyectado, que depende de la permeabilidad del suelo. El gasto bombeado es captado por la línea de retorno que descarga en el cárcamo y a su vez éste cuenta con un rebosadero que canaliza el agua excedente a la red de drenaje, cerrando de esa manera el circuito de bombeo.
- 7) Se inicia la excavación una semana después de activado el sistema de bombeo para garantizar el abatimiento del nivel freático. El bombeo se mantendrá continuo las 24 horas del día incluyendo sábados y domingos, hasta que se haya concluido la mitad de la construcción.
- 8) El nivel freático abatido se mantiene a una profundidad mínima de 12 m con relación al nivel de terreno natural, que corresponde aproximadamente con un nivel hidrodinámico en los pozos de 16.0 m. A medida que se vaya colando las losas de los sótanos y entrepisos, se levantarán las puntas.
- 9) Una vez suspendido el bombeo se retiran las puntas eyectoras y se procede a sellar cada uno de los pozos con lodo fraguante formado por una mezcla de agua-bentonita-cemento, que es colocada con una manguera de inyección, descargando desde el fondo hacia la superficie.

### **Resultados y Discusión**

El proyecto involucro cuatro taludes por reforzar, cada uno con dos o tres cinturones de anclaje que ayudarían a compensar los empujes laterales que causó la excavación.

El sistema de bombeo que se instaló no se ha retirado de la obra en algunas zonas debido a que aún no se compensan los empujes con la estructura y debido a esto las anclas aun no pueden ser retiradas, estas mismas generan escurrimientos los cuales deben ser atendidos.

## Conclusiones

El presente trabajo ha mostrado los procesos constructivos en la creación de un sistema de anclaje y abatimiento del nivel freático. A lo largo de la estancia, se pudo observar la importancia de los sistemas de cimentaciones profundas que están empezando a usarse con más frecuencia para edificaciones en la Ciudad de México, se destaca también la importancia del abatimiento del nivel freático y de los peligros que esto puede ocasionar si no se tiene una buena supervisión. Se mostró la importancia de una buena comunicación con las demás disciplinas que intervenían en la obra ya que esto ayuda a mejorar y agilizar los trabajos dentro de la obra.

Todos los problemas que llegaron a surgir se detectaron a tiempo con una buena y regular inspección, ya que al detectarse de manera oportuna estas fallas, se puede dar tratamiento inmediato evitando así el colapso de la estructura y en el peor de los casos, las pérdidas humanas.

## Agradecimientos

Agradecemos al Ing. Ricardo López Rivera de la empresa Ingenierías Terrestres S.A. de C.V. a través nuestro residente Ricardo Moreno Miranda, las facilidades para dar a conocer los procesos y técnicas empleadas en cimentaciones profundas.

## Referencias

- 1) Gobierno del Distrito Federal Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones. Gaceta Oficial del DF, Décima Cuarta época, Tomo II,(2004).
- 2) Gobierno del Distrito Federal, Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo. Gaceta Oficial del DF, Décima Cuarta época, Tomo II (2004),
- 3) Tamez, E. Ingeniería de Cimentaciones. Ed. Tgc geotecnia (2001).
- 4) Holguín E, et al, Diseño Geotécnico de Cimentaciones, Ed. tgc geotecnia (1992)
- 5) Manual de diseño geotécnico Vol 1. COVITUR Departamento del Distrito Federal (1987).
- 6) Geotecnia en Construcción Especializada.pdf
- 7) Manual de diseño de obras civiles Geotécnicas caracterización depósito de suelos. pdf
- 8) Diseño y construcción de cimentaciones.pdf

# LA SEGURIDAD VIAL

**A. Granados-Pineda<sup>1</sup>, F. Salinas-Pedroza<sup>2</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [angelica.gp@itzacapec.edu.mx](mailto:angelica.gp@itzacapec.edu.mx)

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec-[fabian.sp@itzacapec.edu.mx](mailto:fabian.sp@itzacapec.edu.mx), <sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec - [jose.rc@itzacapec.edu.mx](mailto:jose.rc@itzacapec.edu.mx)

**Área de participación:** Estructuras (IC)

**Resumen:** En el año 2010, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011-2020 Decenio de Acción para la Seguridad Vial, con el objeto de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo. Por lo anterior la Secretaría de Comunicaciones y Transportes como la Secretaría de Salud han elaborado programas o políticas en materia de Seguridad Vial y Prevención de accidentes, con la finalidad de promover acciones concretas para disminuir el índice de mortalidad y lesiones, los cuales establecen estrategias que deben ser implementadas para cumplir con los objetivos propuestos, para diseñar e implantar el señalamiento vial de las carreteras y vialidades urbanas de jurisdicción Federal, Estatal y Municipal. Este proyecto está encuadrado en el análisis y aplicación de las Normas: NOM-034-SCT2-2011, NOM-086-SCT2-2004, NOM-034-SCT2-2003, NOM-037-SCT2-2012, NOM-012-SCT2-1995. Tales normas refieren a la seguridad en las carreteras y su interrelación con la señalización con el propósito de que el señalamiento vial sea de ayuda para que los usuarios, tanto del autotransporte federal como público en general, transiten en forma segura.

## Introducción

El aumento de tamaño y densidad de las poblaciones en las ciudades de las primeras civilizaciones y La necesidad de comunicación con otras regiones, y hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores; es allí donde surgen las carreteras.

En lo que hoy es la República Mexicana, en la época precortesiana existían, como ya se dijo, numerosos caminos peatonales. Los españoles introdujeron las carreteras a nuestro país y Fray Sebastián de Aparicio (monje franciscano) construyó las primeras brechas o veredas, con lo que comenzó una tradición caminera muy arraigada, Así hubo comunicación con el puerto de Veracruz, Puebla, Acapulco y otras ciudades importantes del país. Al inicio del siglo XIX se introdujeron en el país los primeros automóviles, que utilizaron principalmente los caminos de carreteras o reales; sin embargo, a partir de 1925 empezó la construcción de vías con técnicas avanzadas. Los primeros caminos de este tipo iban de la ciudad de México a Veracruz, a Laredo y Guadalajara. Fueron proyectados y construidos por firmas de Estados Unidos, pero desde 1940 los ingenieros mexicanos se han encargado de los trabajos y ahora se tiene una red de caminos pavimentados de 88,000km más 120,000km de caminos secundarios, con superficie de rodamiento revestida, para asegurar el tránsito de vehículos en todo momento.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### **Identificación del problema**

Existen diversos factores que son causantes de accidentes carreteros.

A continuación se mencionan los que de acuerdo a la Secretaría de Seguridad Pública son los factores que propician los accidentes carreteros.

**Factor Humano:**

Los factores humanos son la causa del mayor porcentaje de accidentes de tránsito, bebido a las principales causas siguientes:

- ❖ Conducir bajo los efectos del alcohol, medicinas y estupefacientes.
- ❖ Realizar maniobras imprudentes y de omisión por parte del conductor, por ejemplo; no respetar los señalamientos viales.
- ❖ Conducir a exceso de velocidad (produciendo vuelcos, salida del automóvil de la carretera, derrapes).
- ❖ Salud física del conductor (ceguera, daltonismo, sordera).
- ❖ Conducir con fatiga, cansancio o con sueño.

**Factor Mecánico:**

- ❖ Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación (sistema averiado de frenos, eléctrico, dirección o suspensión).
- ❖ Mantenimiento inadecuado del vehículo.

**Factor Climatológico:**

- ❖ Niebla, humedad, derrumbes, zonas inestables, hundimientos.

**Factor estructural de tránsito:**

- ❖ Errores de señalamientos viales.
- ❖ Carreteras en mal estado o sin mantenimiento (baches, hoyos, pavimento deteriorado).
- ❖ La falta de pintura y reflejantes en las líneas centrales y laterales de la carretera.

**Finalidad del presente plan**

Salvaguardar la integridad física y psico-emocional de todos los usuarios de las vías públicas, direccionando, con abordaje multisectorial, todas las estrategias de acción para un futuro mejor. Los reportes que genera la Policía Federal, indican que las causas de los accidentes en las carreteras federales, alrededor del 80% de las veces se deben al conductor, 7% al vehículo, 9% a los agentes naturales y solo el 4% al camino.

Una de las funciones primordiales de la Policía Federal, es la Prevención de Accidentes, para poder llevarla a cabo, se hace uso de diferentes campos de estudio, dentro de la que destaca la estadística, que se ocupa de los métodos y procedimientos para recoger, clasificar y analizar datos, con la finalidad de ayudar a la toma de decisiones.

**Cinco estrategias de acción nacional**

En el año 2010, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011-2020 Decenio de Acción para la Seguridad Vial, con el

objeto de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo.

Que tanto la Secretaría de Comunicaciones y Transportes como la Secretaría de Salud han elaborado programas o políticas en materia de Seguridad Vial y prevención de accidentes, con la finalidad de promover acciones concretas para disminuir el índice de mortalidad y lesiones, los cuales establecen estrategias que deben ser implementadas para cumplir con los objetivos propuestos.

Que las estrategias proponen la realización de actividades en los tres órdenes de gobierno, tanto en la red carretera federal y vialidades urbanas, como en los establecimientos médicos para la atención de emergencias derivadas de accidentes de tránsito, y están divididas en cinco categorías temáticas: mejor gestión de la seguridad vial mediante una serie de acciones multisectoriales en los diferentes órdenes de gobierno; evaluación y mejoramiento de la infraestructura vial y de transportes más segura; vehículos más seguros; cambio de comportamiento de los usuarios de las vías de tránsito; y promover la mejora de los servicios de atención médica pre-hospitalaria e intrahospitalaria, derivados de accidentes de tránsito.

Que conforme a lo anterior, se requiere de una Estrategia Nacional de Seguridad Vial que permita llevar a cabo actividades coordinadas y multisectoriales para promover la seguridad vial y la prevención de accidentes desde el más alto nivel, mejorar la conciencia y conocimiento de los factores de riesgo y las medidas preventivas, reforzar los sistemas de gestión de la seguridad vial y aplicación de prácticas adecuadas en materia de seguridad vial y atención pre-hospitalaria en emergencias derivadas de accidentes de tránsito, así como mejorar la calidad de los datos sobre seguridad vial, a fin de obtener como resultado, una mejor calidad de vida para todos los mexicanos.

## Resultados y Discusión

### ***Estrategias***

Para mantener una estructura alineada con el acontecimiento mundial, el plan nacional converge y se nutre de las recomendaciones del plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2011-2020, donde se definen cinco pilares de acción que se muestran en las siguientes tablas.

### ***Estrategia 1 gestión de la seguridad pública***

**Objetivo:** Coadyuvar en el fortalecimiento de la capacidad de gestión de la seguridad vial, a través de las siguientes actividades.

Tabla 1: Estrategia 1 Gestión de la seguridad vial Fuente SCT, Secretaría de Salud, Secretaría de Gobernación

ACCIONES	
1	<i>Promover la participación que corresponda a los tres niveles de gobierno entre sí, para implementar coordinadamente políticas o programas de seguridad vial e involucrar a la sociedad civil, empresas y usuarios de las vías, en el desarrollo de estrategias nacionales, estatales y locales de seguridad vial que contengan metas e indicadores.</i>

2	<i>Promover la elaboración de un marco jurídico que permita sentar las bases para el establecimiento de las acciones y programas en materia de seguridad vial, así como los protocolos de coordinación para impulsar e instrumentar las políticas nacionales.</i>
3	<i>Promover la implementación de la Estrategia Nacional de Seguridad Vial con la participación de autoridades de los tres niveles de gobierno, donde se especifiquen las responsabilidades de cada uno de los actores; así como la rendición de cuentas de cada uno de ellos, respecto a su ejecución</i>
4	<i>Mejorar la calidad de los datos recolectados de la seguridad vial, a través de la operación del Observatorio Nacional de Seguridad Vial y de Observatorios Estatales y Municipales de Seguridad Vial.</i>
5	<i>Fortalecer la capacidad gerencial de los tomadores de decisiones que lideran las iniciativas de seguridad vial en todos los niveles de actuación.</i>
6	<i>Fortalecer la capacitación e investigación en seguridad vial.</i>

### **Estrategia 2 vías de tránsito y movilidad más segura**

**Objetivo:** Participar en la revisión de la modernización de la infraestructura vial y de transporte más segura, a fin de impulsar:

Tabla 2: Estrategia 2 Vías de tránsito y movilidad más segura Fuente SCT, Secretaría de Salud, Secretaría de Gobernación.

ACCIONES	
1	<i>La creación y/o mejora de la normatividad relacionada con el establecimiento de los criterios de seguridad vial en la infraestructura para las etapas de planeación, diseño y construcción de nuevos proyectos y vías en funcionamiento tanto en carreteras como en vialidades urbanas.</i>
2	<i>La mejora de la seguridad de la infraestructura vial urbana e interurbana</i>
3	<i>La aplicación de tecnología para la mejora de la gestión del tránsito en vías urbanas e interurbanas.</i>
4	<i>El desarrollo de una movilidad segura y equitativa para los usuarios vulnerables.</i>

### **Estrategia 3 vehículos más seguros**

**Objetivo:** Fomentar el uso de vehículos más seguros, para lo cual se plantean las siguientes acciones:

Tabla 3: Estrategia 3 Vehículos más seguros Fuente SCT, Secretaría de Salud, Secretaría de Gobernación.

ACCIONES	
1	<i>Incorporar las normas mínimas de seguridad de los vehículos de motor desarrolladas en el Foro Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Armonización de Reglamentos sobre Vehículos (WP 29) de forma que éstos logren al menos ajustarse a las normas internacionales mínimas.</i>
2	<i>Promover la elaboración y adecuación de marcos normativos que aseguren que los vehículos que circulan y se comercialicen en el país (construcción, ensamblaje e importación) cuenten con los elementos mínimos de seguridad.</i>
3	<i>Mejorar los esquemas operativos para la renovación del parque vehicular del servicio público federal de carga y pasaje.</i>
4	<i>Dar a conocer al consumidor la información de la seguridad de los vehículos motorizados que se comercializan.</i>
5	<i>Promover la adopción de tecnologías más avanzadas que aumenten la seguridad de los conductores y ocupantes de los vehículos.</i>
6	<i>Desarrollar normativa basada en experiencia internacional que establezca los estándares mínimos de seguridad de los cascos para usuarios de motocicletas y bicicletas, así como de los sistemas de retención.</i>

7	<i>Desarrollar y fortalecer marcos normativos que permitan la creación, funcionamiento y sostenibilidad de centros de inspección técnica vehicular.</i>
8	<i>Promover medidas a nivel nacional y estatal para la inspección técnica vehicular que asegure que los vehículos en circulación cumplan con las características mínimas de seguridad.</i>
9	<i>Promover la capacitación a los responsables de la vigilancia y control para la identificación y evaluación de los vehículos en circulación.</i>

#### **Estrategia 4 usuarios de vías de tránsito más seguros**

**Objetivo:** Promover la captación a los responsables de la vigilancia y control para la identificación y evaluación de los vehículos en circulación con las siguientes acciones:

Tabla 4: Estrategia 4 Usuarios de vías de tránsito más seguros Fuente SCT, Secretaría de Salud, Secretaría de Gobernación.

ACCIONES	
1	<i>Asegurar que la normatividad para la regulación de la movilidad y el tránsito considere la aplicación de medidas y programas para el control de los factores de riesgo</i>
2	<i>Realizar campañas de comunicación que permitan sensibilizar e informar a la población sobre cada factor de riesgo contextualizadas a los diferentes grupos poblacionales y a las prioridades locales</i>
3	<i>Promover el fortalecimiento de la imagen policial de tránsito mediante la capacitación y programas de mejora continua además de su incorporación a las campañas informativas.</i>
4	<i>Promover el fortalecimiento de los programas de formación profesional técnica y gerencial de los cuerpos de policía</i>
5	<i>Promover que las corporaciones policiales de tránsito cuenten con el equipo óptimo para la realización de sus funciones.</i>
6	<i>Crear y fortalecer redes nacionales y locales de directores y responsables del tránsito.</i>
7	<i>Asegurar el efectivo cumplimiento de la legislación por parte de los usuarios de las vías mediante la aplicación de intervenciones y controles basados en evidencia científica sobre cada uno de los principales factores de riesgo (no uso de cinturón de seguridad en todos los ocupantes, no uso de sistemas de retención infantil, conducción bajo la influencia de alcohol, no uso de casco de seguridad en motocicletas y bicicletas, conducción a velocidades inadecuadas y uso de distractores al conducir).</i>
8	<i>Implementar sistemas sancionadores efectivos, ágiles y transparentes.</i>
9	<i>Promover la integración de una base de datos nacional que consolide vehículos, licencias de conducir e infracciones que permitan a las autoridades competentes, llevar a cabo el control, seguimiento y sanción bajo el sistema de puntaje.</i>
10	<i>Desarrollar acciones de control, sanción, atención específica y rehabilitación para infractores reincidentes.</i>
11	<i>Fortalecer el marco normativo que permita contar con un sistema efectivo de expedición de licencias (formación y evaluación, protocolos de pruebas teórico prácticas, reglamentación para la certificación de escuelas privadas y públicas de conducir, instructores y evaluadores, conductores jóvenes y nóveles).</i>
12	<i>Promover la homogeneización de los tipos de licencias y los requisitos para la obtención de las mismas a nivel nacional.</i>
13	<i>Adecuar la normatividad para la expedición de licencias mediante la realización de pruebas psicofísicas, teóricas y prácticas específicas en establecimientos certificados.</i>
14	<i>Desarrollar manuales, guías y protocolos de las pruebas de evaluación teórico práctica.</i>
15	<i>Promover la incorporación de contenidos relacionados con la seguridad vial en los planes de estudios en los niveles de educación preescolar, básica y media superior.</i>
16	<i>Promover la instrumentación de programas dentro de las empresas con el objeto de fomentar la movilidad segura antes, durante y después de las jornadas de trabajo, tales</i>

	<i>como la capacitación a conductores, peatones, ciclistas y motociclistas y planes de mantenimiento preventivo de la flota vehicular.</i>
17	<i>Promover el fortalecimiento de la regulación y vigilancia de las jornadas de conducción y descanso de los conductores del transporte público de carga y pasajeros.</i>
18	<i>Certificar el estado de salud de los conductores en operación del transporte público y de carga y pasajeros urbano e interurbano</i>
19	<i>Promover el uso de transportes alternos o no motorizados.</i>
20	<i>Aumentar el conocimiento sobre los factores de riesgo y la prevención de la seguridad vial a través de:</i> <i>El establecimiento de días o semanas nacionales de la seguridad vial.</i>  <i>La integración de las entidades federativas de la región en la celebración del Día Mundial en Recuerdo de las víctimas de accidentes de tránsito.</i> <i>El apoyo a las iniciativas de las organizaciones no gubernamentales en consonancia con las metas y objetivos de la década.</i> <i>El desarrollo de encuentros nacionales de buenas prácticas en seguridad vial.</i>

### **Estrategia 5 respuesta tras los accidentes**

**Objetivo:** Fortalecer la atención del trauma y de los padecimientos agudos mediante la mejora de los servicios de atención médica pre-hospitalaria y hospitalaria a través de:

Tabla5: Estrategia 5 Respuesta tras los accidentes Fuente SCT, Secretaría de Salud, Secretaría de Gobernación.

ACCIONES	
1	<i>La revisión y en su caso adecuación del marco normativo, en materia de atención pre-hospitalaria.</i>
2	<i>La elaboración e implementación de guías de práctica clínica y protocolos de manejo que permitan mejorar la calidad de la atención médica pre-hospitalaria y hospitalaria.</i>
3	<i>El desarrollo, promoción e implementación de programas de capacitación para el personal de salud responsable de la atención médica pre-hospitalaria y hospitalaria.</i>
4	<i>Analizar, proponer y en su caso implantar esquemas innovadores que permitan apoyar el financiamiento de la atención, rehabilitación e integración de las víctimas derivadas de accidentes de tránsito.</i>
5	<i>Fortalecer las acciones del Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes, promoviendo la participación de autoridades de los tres niveles de gobierno, así como de la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales y usuarios de la red carretera federal y vialidades urbanas.</i>

### **Conclusiones**

Este documento ha cumplido con dar a conocer el tema de la protección en las carreteras mediante su información que la conforma al igual que los dispositivos de protección que la integran. También se proporciona información relacionada con las estrategias implementadas por el gobierno para la reducción de accidentes de tránsito y así tener un ambiente más favorable dentro de las carreteras.

Con el propósito de que el señalamiento vial sea de ayuda para que los usuarios, tanto del autotransporte federal como público en general, transiten en forma segura, la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2011, NOM -086-SCT-2-2004, NOM-034-SCT-2003, NOM-037-SCT-2012 y NOM- 012-SCT-1995 es de aplicación obligatoria en:

- Las carreteras y vialidades urbanas federales.

- las carreteras estatales y municipales.
- las vialidades urbanas que sirvan de enlace entre las carreteras federales, estatales y municipales.
- las vialidades urbanas que crucen a nivel con vías férreas, así como las que comuniquen a las terminales federales de autotransporte de pasaje o de carga, a los aeropuertos y aeropistas, a las estaciones ferroviarias, a los puertos marítimos, a los puertos fronterizos, a los parques industriales, a los destacamentos militares, de la Policía Federal, de la Cruz Roja Mexicana y a las instalaciones de protección civil.
- las vialidades urbanas del Distrito Federal, y otras vialidades urbanas que las autoridades estatales y municipales así lo establezcan.

Encuadradas en el análisis y aplicación de: Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas, Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas, Señalamientos y dispositivos para protección en zonas de obras viales, Pesos y dimensiones máximas con las que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Donde el objetivo es establecer los requisitos generales que han de considerarse para diseñar e implementar el señalamiento vial de las carreteras y vialidades urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal.

Este trabajo de investigación propone algunos argumentos necesarios para una mejor seguridad en las carreteras ya que los usuarios desconocen esta situación. Para que se de esta condición se propone sean respetados los señalamientos, dispositivos de protección, recomendaciones y estrategias que se indican.

### **Agradecimientos**

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Zacatepec las facilidades otorgadas para la publicación de este artículo, que podrá ser útil para todos los usuarios de las vías de comunicación.

Así mismo agradecemos a la secretaría de comunicaciones y transportes y la Secretaría de Salud para difundir de esta manera los programas y políticas en materia de seguridad vial y prevención de accidentes.

### **Referencias**

1. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Norma Oficial Mexicana NOM-040-SCT -2-1995, "Para el transporte de objetos indivisibles de gran peso y/o volumen, peso y dimensiones de las combinaciones vehiculares y de las grúas industriales y su tránsito por caminos y puentes de jurisdicción federal."
2. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT-2-2003, "Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas".
3. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT-2-2011, "Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas".

4. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT-2-2004, "Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales".
5. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995, "Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal".
6. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT-2-2012, "Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas".
7. Secretaría de Salud. STCONAPRA Secretariado Técnico (Consejo Nacional para la prevención de accidentes). Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020.
8. [http://conapra.salud.gob.mx/Estrategias/Estrategia\\_Nacional\\_SV.html](http://conapra.salud.gob.mx/Estrategias/Estrategia_Nacional_SV.html)

## ARGAMASA MEJORADA PARA MUROS DE VIVIENDA

**E.G. Carrillo González<sup>1</sup>, A. Granados-Pineda<sup>1</sup>, M. Ortiz-Gómez<sup>1</sup>, O. Román-Rosales<sup>2</sup>, J.M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[erica.cg@itzacatepec.edu.mx](mailto:erica.cg@itzacatepec.edu.mx)<sup>1</sup>, [granados12@hotmail.com](mailto:granados12@hotmail.com)<sup>1</sup>, [ing.mayraortiz@gmail.com](mailto:ing.mayraortiz@gmail.com)<sup>1</sup>,  
[jose.rc@itzacatepec.edu.mx](mailto:jose.rc@itzacatepec.edu.mx)<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de  
Zacatepec. Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-  
[oscar.rr@itzacatepec.edu.mx](mailto:oscar.rr@itzacatepec.edu.mx)<sup>2</sup>*

*Área de participación: Ingeniería Civil del siglo XXI*

**Resumen:** Los muros para vivienda son la estructura que da forma y permite dividir espacios. En algunos casos son únicamente divisorios y en otros casos transmiten las cargas a la cimentación. Los materiales para muros empleados en la zona son principalmente block y ladrillo rojo, los cuales tienen una capacidad de carga es baja. Es por ello que se presenta el siguiente proyecto, donde se propone el uso de argamasa mejorada para rellenar muros, la cual presenta además de una alta capacidad de carga (en comparación con sus pares), aislamiento térmico y fácil elaboración, pues no requiere mano de obra calificada para su producción.

### Introducción.

La dosificación de la argamasa mejorada se establece en volumen, 1 de cemento, se sugiere utilizar un cemento comercial que cumpla con la norma Mexicana NMX-C-414, además 2 a 4 de hidróxido de calcio y de 5 a 7 de suelo producto de la excavación o presente en el sitio de la construcción. Para proporciones en volumen de la argamasa mejorada se pueden utilizar botes de 19 litros de capacidad que de aquí en adelante denominaremos "recipiente". Para el proceso de elaboración de argamasa mejorada se consideró la mejor alternativa según pruebas realizadas, en cuanto a resistencia de compresión, es decir la proporción quedaría (1:2:7), para ello se recomienda utilizar un suelo tipo arenoso, los cuales son depósitos de playa conformados por arena suelta de naturaleza basáltica o arena de naturaleza silíceo o calcárea, en extensiones o acumulaciones por transporte y sedimentación marina o eólica, que aparecen a lo largo de la línea de costa o en sus proximidades, así como en las desembocaduras de los principales barrancos, su característica principal es que son terrenos blandos o sueltos cuya presencia de nivel freático aguas subterráneas, forman taludes inestables y con una alta permeabilidad y baja resistencia a la adherencia; en caso de no contar con este tipo de suelo en su localidad, se presentan otras alternativas de suelo que permitirán utilizar otro tipo de suelo como son suelos arcillosos de origen residual formados principalmente por limos y arcillas, que se va formando en el fondo de cuencas lacustres cerradas o semicerradas por sedimentación y que son de tamaños muy finos y contienen abundante materia orgánica y tienden a expandirse o hincharse con el agua formando una especie de plastilina; estos suelos arcillosos se pueden utilizar y se puede obtener resultados a compresión buenos dentro de la seguridad estructural de una obra, como se ejemplifica más adelante.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Los muros se pueden estructurar con armazones tipo huacal, formados con dos bastidores elaborados de carrizo, acahual, garrocha de lechuguilla, tiras de bambú, o cualquier otro material de desecho de madera, armados en forma de cuadrícula a cada 15 o 20 cm, con una dimensión de 1.00m por 1.30 m, los cuales se unirán entre sí por medio de mínimo 5 separadores tipo salchicha de 10 cm de longitud y con un diámetro de más o menos 3.20 cm (1 1/8") colados en un molde con mortero con una dosificación 1:3 (1 de cemento y 3 arena) y armados con 4 hilos de alambre requemado #18, los cuales mantendrán firmemente separados los bastidores, asegurando que los armazones se mantendrán rígidos y no se deformen (ver Figura 1).

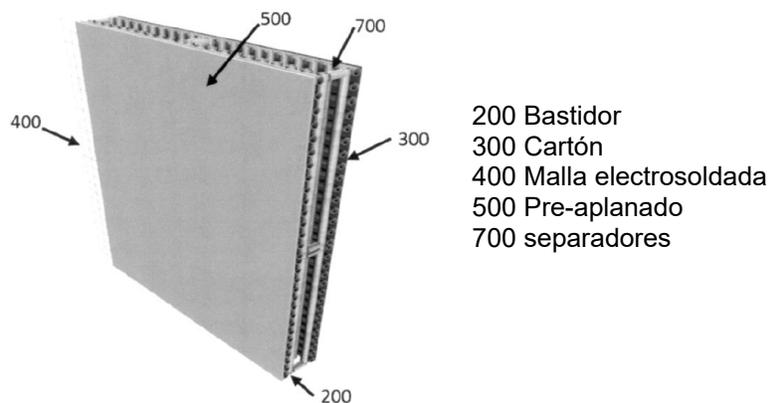


Figura 1. Panel para muro tipo huacal

Después de preparar los armazones tipo huacal, a estos se les colocará en ambas caras de 1 m por 1.3 m cubiertas de cartón de deshecho, para sellar las paredes de dichos armazones, formando con esto lo que conocemos como cimbra muerta que albergará la argamasa mejorada para los muros.

Sobre el cartón que forman las caras de las paredes para el futuro muro, se colocarán secciones de malla electro-soldada de las más delgada, de la que se utiliza para armar los pisos (70-30-30) colocándoles amarres para fijarla firmemente a los bastidores con alambre #18, la cual servirá para aplicarles a los armazones un pre-aplanado de más o menos 0.5 cm de espesor que servirá para evitar el posible remojo del cartón al colocar el relleno de los muros y como apoyo para el aplanado final que tendrá un espesor entre 2.5 y 3 cm.

El proceso de colocación de los muros huecos tipo huacal se llevará a cabo por hiladas o filas horizontales de armazones tipo huacal empleados para formar los muros de la vivienda.

A la primera hilada de armazones tipo huacal, antes de colocarse sobre el firme o piso se debe encontrar ahogados en este dos anclajes de varilla corrugada de 3/8" en forma triangular (ver figura 2), que sirven para recibir o empotrar los muros tipo huacal, y que se pegan con una capa de mortero cemento-arena en proporción 1:3, la cual tendrá un espesor promedio de 3 a 5 cm, con un ancho igual al ancho o espesor de los armazones, con la finalidad siguiente:

- 1) Asegurar la perfecta unión de los armazones tipo huacal con el firme.
- 2) Proteger los elementos verticales de carrizo, lechuguilla, bambú, etc., que conforman el armazón tipo huacal.
- 3) Evitar la fuga o escurrimiento del relleno con argamasa mejorada que sirve para rellenar el espacio entre los armazones tipo huacal, que se aplica en forma semilíquida (aguada o atoluda) para asegurar un relleno perfecto.
- 4) La argamasa mejorada se vierte en los muros tipo huacal y deberá tener una consistencia tipo atole o semilíquida para asegurar su compactación, se picará o apisonará utilizando palos de escoba, carrizo, bambú, garrocha, etc. con una longitud de 1.5 m.



Figura 2. Colocación de anclajes sobre el firme

Al unir horizontalmente los armazones mediante los anclajes de malla electrosoldada que poseen, se utilizarán amarres de alambre requemado #18 y se deberá de tener cuidado de rellenar las juntas que pudieran quedar abiertas con cartón, unicel o cualquier otro material que se preste para ello, aplicando después un aplanado o embarre con mortero cemento-arena 1:3, que permita evitar la fuga de la argamasa mejorada que se utiliza como relleno. Una vez terminado este proceso se revisarán las esquinas (interior y exterior) donde se unen a escuadra las secciones de los muros para asegurar que tengan los amarres que deben unir estas secciones de muro. Si en algunos casos no tienen este refuerzo, se les colocará una sección de dos o tres cuadros de malla electro soldada para piso, para asegurar que estén bien sujetos y favorecer su estructuración y continuidad.

## Resultados y Discusión

Con base en el procedimiento descrito para elaborar argamasa mejorada se elaboraron probetas cilíndricas de 10×20 cm y se probaron a compresión a los 7, 14, 21, 28 y 40 días, con la finalidad de proporcionar las pautas e información útil obtenida de la argamasa mejorada. Las proporciones mostradas en los siguientes ejemplos están hechas a base de tres diferentes suelos, y son las que mejores resultados se obtuvieron en cuanto a resistencia a compresión.

Las pruebas mecánicas a compresión que se realizaron nos muestran resultados favorables dentro de la seguridad estructural para poder utilizar cualquier tipo de suelo, en la elaboración de la argamasa mejorada para muros de carga.

En la Tabla 1, se muestra una dosificación de argamasa mejorada a base de un suelo arcilloso. Los suelos arcillosos, son muy desfavorables para emplearlo en cualquier ámbito de construcción pues son suelos de muy baja resistencia a

compresión. La proporción sugerida para suelos arcillosos es 1:4:5, pues fue la que mostró mejor resistencia a compresión, para este tipo de suelo.

Tabla 1. Resultados de resistencia a compresión en argamasa mejorada a base de suelo arcilloso

Material:		Arcilla		Cemento	Cal	Suelo		
Prueba:		Resistencia a la compresión		10%	40%	50%		
Edad en días argamasa	Diámetro cm	Altura cm	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)		Resistencia a la compresión		Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
				Especimen		Especimen (kg/cm <sup>2</sup> )		
				1	2	1	2	
7	10	20	78.54	1.82	1.79	12.48	13.62	13.05
14	10	20	78.54	1.80	1.76	14.26	15.53	14.90
21	10	20	78.54	1.74	1.78	21.26	21.65	21.45
28	10	20	78.54	1.80	1.76	30.43	31.32	30.88
40	10	20	78.54	1.75	1.78	32.21	34.25	33.23

En la Tabla 2, se muestran los resultados de la argamasa mejorada con una proporción 1:2:7, donde el material empleado fue un suelo limo-arenoso, los cuales están conformados por calizas que forman estratos endurecidos y que limitan el crecimiento radical de los cultivos, este tipo de suelo en México es conocido como "Tepetate", y son suelos con características más favorables para el uso en construcción.

Tabla 2. Resultados de resistencia a compresión en argamasa mejorada a base "Tepetate"

Material:		Suelo sedimentos "tepetatosos"		Cemento	Cal	Suelo		
Prueba:		Resistencia a la compresión		10%	20%	70%		
Edad en días argamasa	Diámetro cm	Altura cm	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)		Resistencia a la compresión		Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
				Especimen		Especimen (kg/cm <sup>2</sup> )		
				1	2	1	2	
7	10	20	78.54	1.85	1.83	18.72	19.61	19.16
14	10	20	78.54	1.77	1.80	27.37	27.76	27.57
21	10	20	78.54	1.80	1.79	38.07	39.22	38.64
28	10	20	78.54	1.78	1.77	41.25	42.78	42.02
40	10	20	78.54	1.84	1.80	54.75	56.66	55.70

En la Tabla 3 se muestra argamasa mejorada con una proporción 1:2:7, donde se empleó un suelo arenoso, y son aquellos que están conformados principalmente por arena con diámetro entre 0.02 mm y 2 mm, lo que permite que no retengan agua, es decir, son suelos considerados secos en donde hay muy poca humedad, es un tipo de suelo muy favorable para utilizarlo en construcción.

Tabla 3. Resultados de resistencia a compresión en argamasa mejorada a base suelo arenoso

Material:		Suelo arenoso			Cemento	Cal	Suelo	
Prueba:		Resistencia a la compresión			10%	20%	70%	
Edad en días Argamasa	Diámetro cm	Altura cm	Área de contacto (cm)	Peso (Kg)		Resistencia a la compresión		Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
				Especimen		Especimen (Kg/cm <sup>2</sup> )		
				1	2	1	2	
7	10.00	20.00	78.54	2.03	2.06	20.75	21.39	21.07
14	10.00	20.00	78.54	1.99	2.02	26.36	27.12	26.74
21	10.00	20.00	78.54	2.00	2.08	36.16	37.82	36.99
28	10.00	20.00	78.54	2.04	2.09	45.33	45.96	45.65
40	10.00	20.00	78.54	2.00	2.05	77.79	78.69	78.24

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a muestras de muro, elaboradas a base de argamasa mejorada con dimensiones mostradas en la tabla, los cuales fueron realizados con los siguientes suelos:

\*A1, A2, 1 bloques de muro elaborado a base de armado de carrizo y relleno de argamasa mejorada con suelo arcilloso.

\*B1, B2, 2 bloques de muro elaborados a base de armado de carrizo y relleno de argamasa mejorada con suelo "Tepetate".

\*C1, C2, 3 bloques de muro elaborados a base de armado de carrizo y relleno de argamasa mejorada con suelo arenoso.

Todos los especímenes tenían 28 días de haberse colado y se llevaron a probar a CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). La prueba a la cual se sometieron los especímenes descritos anteriormente fue de resistencia a la compresión en la máquina universal. (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Resumen de resultados de las pruebas de compresión

Nombre probeta	Identific	Orden de ensaye	Dimensiones, cm					Área $A = t \cdot L$ cm <sup>2</sup>	F1 t	F2 t	Carga P t	Esfuerzo, $f_m$ kg/cm <sup>2</sup>	Promedio, $f_m$ kg/cm <sup>2</sup>	Notas
			L	H	t	$I_1$	$I_2$							
A1	8	9	105.9	109.5	22.7	81.2	82.4	2404	18.90	—	19.15	7.97	7.75	A
A2	9	7	104.8	107.7	21.6	82.3	82.5	2264	16.82	—	17.07	7.54		A
B1	1	1	106.0	100.1	22.6	81.8	82	2396	30.34	—	30.59	12.77	13.45	B
B2	3	5	107.4	103.2	23.2	81.2	80.0	2492	34.96	—	35.21	14.13		B
C1	4	6	107.3	100.4	22.2	82.3	82.3	2382	30.74	—	30.99	13.01	14.48	C
C2	6	8	109.0	101.6	21.7	81.3	80.9	2365	37.47	—	37.72	15.95		C
*1	2	4	104.6	102.5	23.9	82.2	83.3	2500	15.70	17.12	33.07	13.23	15.47	*1
*2	7	3	107.4	102.7	22.0	83.5	81.0	2363	15.55	16.54	32.34	13.69		*2
*3	5	2	109.2	108.5	27.8	82	80	3036	30.41	28.52	59.18	19.50		*3
S/M	10	10	104.8	106.8	15.0	86.8	86.8	1572	27.42	—	27.67	17.60	17.60	sin mortero

## Conclusiones

A partir de las pruebas realizadas en las probetas ensayadas de resistencia a la compresión, se presentan los resultados con valores de esfuerzos que corresponden a distintas mezclas de argamasa.

Para las probetas de la Tabla 4 hubo una diferencia consistente entre las mezclas A, B y C, obteniéndose menores resultados con la mezcla A (de 7.8 kg/cm<sup>2</sup>), comparado con valores arriba de 13 kg/cm<sup>2</sup> en promedio para B y C. En estas probetas fue notable que el daño inicial y la pérdida inicial de resistencia se dio cuando se aplastaba el recubrimiento de mortero.

El utilizar argamasa mejorada en muros para vivienda puede ser una alternativa sencilla, económica y resistente, sobre todo porque no requiere de mano de obra calificada, por lo que personas de escasos recursos les permitiría implementarlo para construir su vivienda.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED y la aportación del Arq. Rogelio Salas Martínez, de la argamasa mejorada. Al Instituto Tecnológico de Zacatepec por permitirnos el uso de las instalaciones para llevar a cabo este proyecto y en especial agradecimiento al Ing. Roberto Ortiz Delgadillo director actual del Instituto por todo el apoyo mostrado.

## Referencias

Libros con editor:

- J. V. Lengen; *Manual del arquitecto descalzo*, Ed. árbol editorial, 1981, 4ta reimpresión, 115-148  
J. L. Moia; *Cómo se proyecta una Vivienda*; Ed GC, 1998, 14a edición, 13-63

Patentes:

- R. Salas, E.G. Carrillo Patente MX/A/2017/002282, 2017 En trámite

# DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL SUELO Y EL NIVEL DE DESPLANTE PARA LAS NUEVAS EDIFICACIONES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC

**C. Bustos-Mejía<sup>1</sup>, F. Salinas-Pedroza<sup>2</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [carlos.bm@itzacatepec.edu.mx](mailto:carlos.bm@itzacatepec.edu.mx),

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec – [fabian.sp@itzacatepec.edu.mx](mailto:fabian.sp@itzacatepec.edu.mx), <sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec [jose.rc@itzacatepec.edu.mx](mailto:jose.rc@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Estructuras (IC)*

## Resumen:

Este trabajo se realizó para conocer los parámetros reales del suelo y poder determinar la capacidad de carga admisible del suelo, así como el nivel óptimo para el desplante de las nuevas edificaciones del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Se realizó mediante Sondeos mixtos con Pozos a Cielo Abierto (PCA) y con Técnica de Penetración Estándar (SPT); en estos sondeos se hicieron pruebas en sitio y se obtuvieron muestra alteradas de los estratos encontrados para poder determinar en laboratorio las propiedades físicas del suelo; esto mediante la instrucción de la normatividad vigente aplicable en dicha materia, así como la utilización de equipo especializado para muestreo en sitio, por lo que se pudo observar y determinar las características similares que tiene el suelo de los 185,000 m<sup>2</sup> del predio de la institución, variando solo en sus espesores y profundidades, con lo que se afirma lo oportunas y convincentes que son las pruebas y técnicas utilizadas en la mecánica de suelos y la importancia de realizar estos trabajos y los estudios previos para así tener un adecuado comportamiento de las estructuras debido a la interacción Suelo-Estructura.

**Palabra clave:** Capacidad de carga.

## Introducción.

Debido a la necesidad de construir nuevas edificaciones en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, ya que el pasado sismo ocurrido el 19 de septiembre de 2017 con epicentro a 12 km al suroeste de Axochiapan, Morelos; dejó daños graves a los edificios emblemáticos de dicha Institución, tales como el Edificio C y el Edificio B de tres niveles, el Centro de Computo de dos niveles, la Biblioteca, El Laboratorio de Química, la Sala Audio Visual, el Centro de Idiomas y la Editorial de un nivel así como un tanque elevado del almacenamiento de agua potable, de los cuales se han de sustituir para subsanar la demanda de aulas y espacios educativos. Por edificaciones apropiadas con estructuración según el Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa (INIFED) como la Unidad Académica Departamental tipo II (UAD-II) con tres edificios, Laboratorio de Computo, Centro de Idiomas, Laboratorio de Química y Biblioteca de 600 lectores todas estas edificaciones para remplazar las estructuras dañadas la cuales tuvieron que ser demolidas para salvaguardar la integridad de la comunidad Tecnológica.

Por las razones expuestas anteriormente y con la necesidad de conocer los parámetros reales del subsuelo se realizó el presente estudio de Mecánica de Suelos, en el área de los proyectos mencionados; debido a la importancia de las edificaciones, de la construcción y de su futuro uso, se elaboró el presente trabajo

que permitió definir los tipos de estratos, el desplante óptimo, su capacidad de carga admisible del suelo.

### Fundamento Teórico

Un Estudio de Mecánica de Suelos, tiene como fundamento elaborar las pruebas y técnicas de campo y laboratorio del suelo explorado, para obtener la capacidad de carga admisible, y proporcionar la profundidad de desplante óptima de las edificaciones, así como el sistema adecuado de cimentación, mediante la interpretación de los resultados de las pruebas de laboratorio y campo.

Los trabajos tienen como meta principal presentar la localización y descripción del sitio del proyecto, así como describir los trabajos de exploración en campo y las técnicas y pruebas de laboratorio, presentar la estratigrafía del suelo en el sitio hasta la profundidad máxima explorada y dar las conclusiones y recomendaciones más importantes que se derivan del estudio. (Recomendando tipo de cimentación, capacidad de carga admisible, asentamientos que pudiesen ocurrir por el tipo de edificación presentada y nivel de desplante óptimo).

La ubicación del Instituto Tecnológico de Zacatepec es sobre la Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Ampliación Plan de Ayala, Zacatepec Morelos, México con coordenadas geográficas Latitud 18°39'10.18" Norte y Longitud 99°11'4.01"Oeste con altura aproximada sobre el nivel del mar de 915 m.

Se trasladó una brigada de alumnos y técnicos especializados al lugar en cuestión para efectuar la exploración y los trabajos, realizando sondeos con Pozo a cielo abierto (PCA) y sondeos culminados con la prueba de la técnica de penetración estándar (SPT) por edificación; haciendo pruebas en sitio para la determinación de parámetros de campo y se obtuvieron muestras alteradas, para realizar las pruebas de laboratorio y así determinar Contenido Natural de Agua, Granulometría por método de lavado, Límites de Consistencia y Peso Volumétrico Natural.

Realizando un total de 33 sondeos mixtos

**Tabla 1.-** Número de sondeos realizados por edificación y tipo de sondeo.

Edificación	PCA	STP
UAD-II 8	3	2
UAD-II 9	3	2
UAD-II 10	3	2
UAD-II 13	2	2
Laboratorio de Química	2	2
Tanque Elevado	1	1
Centro de Computo	2	2
Biblioteca 600 lectores	2	2
Centro de Idiomas	2	2

## Procedimiento



**Figura 1.-** a) Edificios del ITZ con Daño Severo; b) Nuevas Edificaciones del ITZ

La técnica de Penetración Estándar *ASTM D-1586 Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT)* a pesar de ser un método de principios del siglo XX se estandarizó en 1958; tiene como objetivo principal obtener la medida de la resistencia a la penetración con un muestreador en un suelo y tomar muestras representativas del suelo, para hacer correlación de los resultados; la técnica consiste en hincar el tubo partido (muestreador) para que penetre 30 cm (1ft) en el suelo, ayudados de un martillo de 73 kg (140 lb) de peso en caída libre de una altura de 75 cm (2.5ft), contabilizándose el número de golpes “N”.

La exploración con Pozo a Cielo Abierto (PCA) para muestras alteradas e inalteradas es el más satisfactorio para conocer las condiciones del subsuelo, consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para poder introducirse en él, y así examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural y extraer las muestras necesarias. NMX-C-430-ONNCCE-2002, NMX-C-431-ONNCCE-2002.



**Figura 2.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto

Realizando los trabajos de campo en donde se efectúan pruebas de sitio y se obtienen muestras, las cuales se llevan a laboratorio para determinar sus

características antes mencionadas, bajo la normatividad NMX-C-416-ONNCCE-2003 donde se Identifica, preparan y procesan las muestras para determinar su Clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

## Resultados y Discusión

A partir del análisis del perfil estratigráfico de los PCA realizados y de la culminación de la SPT; el suelo se encuentra conformado, de la siguiente manera considerando 30 cm de capa vegetal o bien de escombros por demolición:

**Tabla 2.-** Resumen de Resultados del material explorado y características estratigráficas del suelo.

Área de Estudio	Espesor Único estrato (m)	Tipo de Material	Clasificación SUCS	Peso Volumétrico $\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	Contenido natural de Agua (%)	Contenido de Arena (%)	Contenido de Finos (%)	Contenido de Grava (%)	Contra ción Lineal (%)	Valor de N de SPT	Nivel de Aguas Freáticas	Nivel del Manto Rocoso
Nuevo Edificio UAD-II No.8	1.60	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.513	22.83	5.82	90.94	3.24	10	4	1.50	1.60
Nuevo Edificio UAD-II No.9	0.80	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.493	20.22	2.83	92.11	3.26	8	3	0.80	0.80
Nuevo Edificio UAD-II No.9	1.20	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.530	24.14	4.61	92.30	3.09	8	3	1.20	1.20
Nuevo Edificio Laboratorio de Química	1.30	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.524	25.78	4.47	95.53	-	9.5	4	1.20	1.30
Nuevo Tanque Elevado	1.30	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.522	25.63	3.41	92.48	4.11	9.5	3	1.20	1.30
Centro de Computo	5.20	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.546	23.69	5.26	92.15	2.59	10	5	2.20	5.20
Biblioteca 600 lectores	1.40	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.513	20.09	4.47	88.79	6.74	8	4	-	1.40
Centro de Idiomas	0.80	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.562	19.84	3.85	89.91	6.24	9	3	-	0.80
Nuevo Edificio UAD-II No.13	1.60	Arcilla Negra de alta plasticidad	CH	1.540	26.89	2.96	93.05	3.99	11	3	1.5	1.60

La exploración de los sondeos, presento un material similar en todos, encontrado después de la excavación inicial de capa vegetal y/o firme o relleno por edificio existente, un primer estrato natural de arcilla negra de alta plasticidad con nula capacidad de carga admisible y un segundo estrato natural de un manto rocoso sano de basalto volcánico, esto se constató desde las pruebas realizadas en campo y se corroboró en laboratorio; y con ayuda de reconocidas tablas de correlación para el valor N de la SPT se obtienen valores, constantes y parámetros de cálculo, para calcular la Capacidad de carga admisible; dichos valores que interesan son:

Cohesión, ángulo de fricción interna, módulo de elasticidad y los coeficientes y parámetros del suelo para obtener capacidad de carga.

**Tabla 3.-** Valores de correlación para valores de N de la técnica SPT

N de SPT	ARCILLAS			φ	ANGULO DE FRICCIÓN	E kg/cm <sup>2</sup>		
	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>		DESCRIPCIÓN					
< 2	0.25		MUY BLANDA	0		3		
2	4	0.25	0.5	BLANDA	0	2	30	
4	8	0.5	1	MEDIA	2	4	45	90
8	15	1	2	COMPACTA	4	6	90	200
15	30	2	4	MUY COMPACTA	6	12		
> 30	4		DURA	14		200		

Por lo que con los resultados de campo y de laboratorio se realizan las correlaciones de SPT y se tiene con la solución de Terzaghi la capacidad de carga general para el estrato de arcilla:

$$q_{ad} = \frac{c N_c + \gamma D_f N_q}{F. S.}$$

N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub> = Coeficiente de suelo que depende de φ  
C = Cohesión

ángulo de Fricción φ = 1  
valor de c = 2.0 ton/m<sup>2</sup>; ambos con N = 3

γ = Peso Volumétrico (ton/m<sup>3</sup>)

D<sub>f</sub> = Nivel de desplante (m)

F.S. = Factor de seguridad.

q<sub>ad</sub> = Capacidad admisible de carga (Ton/m<sup>2</sup>)

$$q_{ad} = \frac{(1.875 \text{ ton/m}^2 \times 6) + (1.51 \text{ ton/m}^3 \times 1.0 \text{ m} \times 1.81)}{4.00} = 3.23 \text{ ton/m}^2.$$

Esta capacidad de carga de la Arcilla la cual es muy baja para las solicitaciones estructurales que se requieren por lo que NO CUMPLE con las necesidades y especificaciones de carga y servicio de la Normatividad empleada por el INIFED.



**Figura 3.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto para UAD-II No. 8



**Figura 4.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto para UAD-II No. 9



**Figura 5.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto para UAD-II No. 10



**Figura 6.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto Lab. Química



**Figura 7.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto Tanque Elevado



**Figura 8.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto Centro de Cómputo.



**Figura 9.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto Biblioteca



**Figura 10.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto Tanque Elevado



**Figura 11.-** Técnica de Penetración Estándar y Elaboración Pozo a Cielo Abierto para UAD-II No.13

## Conclusiones

En general el material encontrado en ésta zona es un suelo con características de Arcilla Inorgánica de Alta Plasticidad (clasificación S.U.C.S.= CH) de compacidad mayor a 80%, material de excavación tipo I, con valor  $N = 3$ , con contracción lineal de 10%, con porcentaje de 3% de grava, 7% de arena y 90% de finos, con un peso volumétrico natural  $\gamma = 1.51 \text{ t/m}^3$  y humedad natural de  $w = 25 \%$ . Con capacidad de carga admisible menor a  $Q_{ad} = 5.0 \text{ ton/m}^2$ ; posteriormente se encuentra un manto rocoso de basalto volcánico con capacidad de carga admisible mayor a  $30.0 \text{ ton/m}^2$  variando su profundidad entre 0.50 y 1.70 m. Por lo que se recomendó para este tipo de edificaciones, desplantar en el estrato Rocosos por su alta capacidad admisible de carga.

## Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Zacatepec y a los departamentos de Ciencias de la Tierra y Planeación, Programación y Presupuestación del ITZ por el apoyo y herramientas brindadas.

## Referencias

1. Braja M. Das. (2001). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. México: International Thompson
2. Crespo Villalaz. C. (2005). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México: Limusa
3. Juárez Badillo E., A. Rico Rodríguez. (1992). *Mecánica De Suelos Tomo 1*. México: Limusa.
4. Gaceta Oficial de la CDMX. (2017). *Normas Técnicas Complementarias Diseño y Construcción de Cimentaciones*. México
5. Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2008). *Manual de Diseño De Obras Civiles. Geotecnia*. México: CFE.

# DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN UN DISIPADOR DE CALOR MEDIANTE MÉTODOS NUMÉRICOS Y SU COMPARACIÓN CON RESPECTO A LA SOLUCIÓN ANALÍTICA

R. Álvarez-Rojas, R. Ovando-Castelar, M. A. Arriaga-Vargas,  
C. A. Martínez-Díaz y O. C. Benítez-Centeno

*Departamento de Metal-mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México –  
[roman.alvarezr@gmail.com](mailto:roman.alvarezr@gmail.com), [roseMBER.oc@itzacatepec.edu.mx](mailto:roseMBER.oc@itzacatepec.edu.mx), [marcoant3942@gmail.com](mailto:marcoant3942@gmail.com),  
[mtzc7992@gmail.com](mailto:mtzc7992@gmail.com), [obece@itzacatepec.edu.mx](mailto:obece@itzacatepec.edu.mx)*

*Área de participación: Sistemas electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** En este trabajo, se describe el análisis de la transferencia de calor en un disipador térmico de aluminio usado en el interior de un gabinete de computadora para enfriar la unidad de procesamiento de gráficos (GPU). Este análisis se llevó a cabo asumiendo que existe simetría en cada una de las aletas que constituyen al disipador. Como condición de frontera, se utilizó el caso de aleta con extremo convectivo. El cálculo de la distribución de temperaturas y la pérdida de calor hacia el medio ambiente se realizó usando tres metodologías distintas: el método analítico simplificado para transferencia de calor unidimensional en estado estacionario en aletas rectas con convección en el extremo, el método de diferencias finitas y el análisis por el método de elemento finito. Los resultados obtenidos mediante métodos numéricos fueron comparados entre sí y contra los resultados que se obtienen en la línea central mediante la solución analítica simplificada. Los resultados obtenidos para la distribución de temperatura no muestran una variación significativa en ninguno de los métodos empleados. Aun cuando la solución analítica es muy sencilla y fácil de implementar, los métodos numéricos permiten aplicar condiciones más cercanas a las que se presentan en la operación real del disipador térmico, tales como la variación de las propiedades termofísicas del medio con la temperatura y la geometría de la aleta.

## Introducción

Las superficies extendidas o aletas se usan para incrementar la superficie efectiva de transferencia de calor en dispositivos que intercambian calor, como son: intercambiadores de calor, motores de combustión interna, equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración, diseños de circuitos impresos, etc. Las aletas son un caso particular de problemas de transferencia de calor que involucra la conducción de calor dentro del sólido y la transferencia de calor por convección (y/o radiación) desde las fronteras del sólido hacia el medio ambiente.

En la práctica existen muchas configuraciones o arreglos de aletas que se usan en máquinas o dispositivos térmicos, con la finalidad de incrementar la transferencia de calor con el medio ambiente. En muchos casos, las geométricas complejas de éstas dificultan su solución analítica, por lo que se tiene que recurrir a los métodos numéricos para determinar la cantidad de calor disipada por la aleta.

En el área de electrónica, una problemática frecuente es proponer el diseño más apropiado de los disipadores térmicos, que trabajen con productos electrónicos que se pueden dañar fácilmente por sobrecalentamiento. Sin embargo, determinar cuál es la mejor configuración geométrica, materiales de construcción y la localización

de éste para un dispositivo específico, en términos de lograr una mayor rentabilidad, no es una tarea sencilla.

Los programas de simulación basados en métodos numéricos como elemento finito, diferencias finitas o volúmenes finitos, constituyen una herramienta de análisis que puede ser de gran ayuda para resolver estos problemas. Sin embargo, muy a menudo, los programas pueden ser muy complejos y difíciles de usar, especialmente por los ingenieros de diseño que no tienen conocimientos especializados en la física del problema a resolver.

En este trabajo se analiza la distribución de temperaturas y la cantidad de calor transferido al medio ambiente en un disipador térmico comercial de aluminio, que se fija a una GPU cuya temperatura de operación no debe exceder los 75 °C, aplicando el método de diferencias finitas. Para su estudio, se tomaron en cuenta valores promedio de temperatura ambiente en la región. Los resultados obtenidos para la pérdida de calor, se compararon con la solución analítica del caso de una aleta recta de sección transversal uniforme, con convección en el extremo. También se realizó la comparación de resultados con los que se obtienen al simular la geometría de la aleta en la versión estudiantil de un programa comercial para el cálculo de la pérdida de calor mediante la técnica de elemento finito.

### Fundamento Teórico

Para el análisis de la transferencia de calor en aletas, se considera el caso simple de una aleta recta de sección transversal rectangular.

Para transferencia de calor unidimensional y condiciones de estado estacionario, la ecuación diferencial aplicable al caso de aletas rectas toma la forma de la Ecuación 1 (Ozisik, 1985).

$$\frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{hP}{kA_c} (T - T_\infty) = 0 \quad \dots(\text{Ec. 1})$$

Realizando el siguiente cambio de variable:  $\theta = T - T_\infty$  y  $m^2 = \frac{hP}{kA_c}$

La ecuación diferencial se transforma a una ecuación diferencial ordinaria, homogénea, lineal y con coeficientes constantes (Ecuación 2).

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = m^2 \theta \quad \text{o bien:} \quad \frac{d^2 \theta}{dx^2} - m^2 \theta = 0 \quad \dots(\text{Ec. 2})$$

Aplicando el método de los operadores diferenciales, la solución de la ecuación diferencial para la transferencia de calor en aletas toma la forma de la Ecuación 3.

$$T(x) = \theta(x) + T_\infty = C_1 e^{-mx} + C_2 e^{mx} + T_\infty \quad \dots(\text{Ec. 3})$$

Otras soluciones generales alternativas para el caso de aletas rectas son:

$$\begin{aligned}
 T(x) &= C_3 \sinh(mx) + C_4 \cosh(mx) + T_\infty \\
 T(x) &= C_5 \sinh[m(L-x)] + C_6 \cosh[m(L-x)] + T_\infty \quad \dots(\text{Ec. 4})
 \end{aligned}$$

Las constantes  $C_1$  a  $C_6$ , según la forma alternativa de la solución general, se obtienen a partir de las condiciones de frontera impuestas a la aleta. Con base en las condiciones reales en las que opera el disipador de calor analizado, se debe asumir que la base de la aleta tiene una condición de frontera de temperatura prescrita ( $T_b$ ), en tanto que el extremo de la aleta disipa calor por convección hacia el medio ambiente ( $T_\infty$ ). Aplicando estas condiciones de frontera, la distribución de temperaturas en la aleta recta toma la forma de la Ecuación 5.

$$T(x) = \frac{\cosh[m(L-x)] + (he/mk) \cdot \sinh[m(L-x)]}{\cosh(mL) + (he/mk) \cdot \sinh(mL)} (T_b - T_\infty) + T_\infty \quad (\text{Ec. 5})$$

La tasa de transferencia de calor disipada por la aleta hacia el medio ambiente se determina mediante la Ecuación 6.

$$q = \eta h A_T (T_b - T_\infty) \quad (\text{Ec. 6})$$

En la Ecuación 6,  $\eta$  es el rendimiento de la aleta que, para el caso de una aleta recta con convección en el extremo, se determina aplicando la Ecuación 7.

$$\eta = \frac{\tanh(mL_c)}{mL_c} \quad (\text{Ec. 7})$$

La longitud característica ( $L_c$ ) se determina mediante la Ecuación 8 y  $A_T$  es el área total de transferencia de calor por convección entre la aleta y el ambiente.

$$L_c = L + \frac{t}{2} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde  $t$  es el espesor de la aleta.

De esta forma, las ecuaciones 5 y 6 establecen la base para el cálculo analítico de la pérdida de calor en el disipador de calor. Las consideraciones generales que fueron tomadas en cuenta para realizar el cálculo de la distribución de temperaturas y la pérdida de calor por convección se listan a continuación.

- a) La temperatura del aire es constante y se obtuvo promediando las temperaturas registradas por el Sistema Meteorológico Nacional en el municipio de Zacatepec, Morelos, del 30 de septiembre de 2013 al 30 de septiembre de 2014 (CNA-SMN, 2018);
- b) El disipador de calor está fabricado de aluminio, cuya conductividad térmica ( $K$ ) se obtuvo a partir de un ajuste polinomial de tercer orden, con base en los valores de  $K$  como función de la temperatura (Ozisik, 1985), y posteriormente calculando el valor promedio de  $K$  en el intervalo de

- temperaturas máxima y mínimo registradas para el mismo periodo de evaluación de la temperatura ambiental;
- c) Las propiedades termofísicas del aire se evaluaron a partir de tablas, con base en la temperatura promedio entre la base del disipador y el medio ambiente (Ozisik, 1985);
- d) Se midió la velocidad promedio del aire, según las condiciones operativas del ventilador que impulsa el aire sobre la superficie del disipador de calor;

A partir de estas consideraciones generales, se realizaron los cálculos que corresponden a los principales parámetros de interés para los propósitos de este estudio, los cuales se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** *Parámetros principales involucrados en la determinación de la transferencia de calor en el disipador de calor*

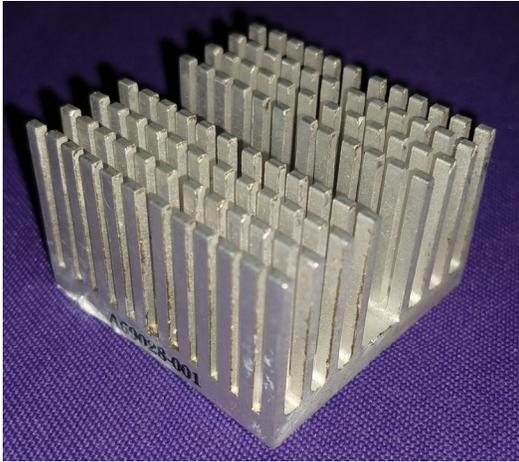
Datos para el cálculo de h		Propiedades del aire		Datos geométricos y de transferencia de calor de la aleta	
$u_{\infty}$ [m/s]	2.00	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1.092044	$L$ [m]	0.0345
$T_{\infty}$ [°C]	24.97	$k$ [W/(m °C)]	0.027349	$L_c$ [m]	0.0353
$T_b$ [°C]	75.00	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	1.80E-05	$t$ [m]	0.0015
$T_f$ [°C]	49.99	$Pr$	0.7228	$w$ [m]	0.0020
$Re$	3.84E+03			$\eta$	0.9273
$Nu$	36.9164			$A_T$ [m <sup>2</sup> ]	0.0001
<b><math>h</math> [W/m<sup>2</sup>·°C]</b>	<b>29.2646</b>			$\bar{k}$ [W/m·°C]	203.0775

El caso analítico está limitado a un análisis unidimensional en estado estacionario. Aun cuando se trata de un cálculo analítico sencillo y fácil de implementar, no considera el detalle geométrico completo del disipador de calor, que tiene efecto en la distribución de temperaturas y en la cantidad de calor disipada al ambiente.

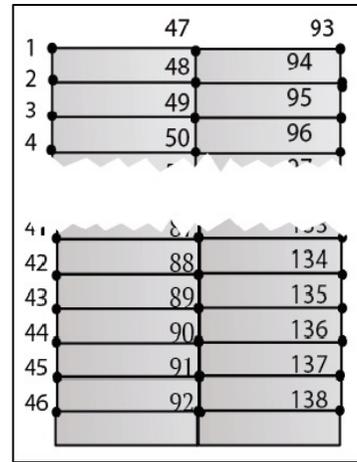
Para tener una alternativa de solución que considere con mayor detalle la geometría de la aleta, se aplicó el método de diferencias finitas (MDF) para resolver el problema de transferencia de calor bidimensional en estado estacionario. Este método permite transformar una ecuación diferencial en un grupo de ecuaciones algebraicas lineales (Lapidus, 1982).

En la Figura 1 se muestra una imagen del disipador de calor analizado en este trabajo. La aplicación del método de diferencias finitas a este dispositivo, considera que hay simetría en la localización de cada aleta, de forma que el análisis del disipador completo puede realizarse a partir de una sola aleta.

Tomando en cuenta las dimensiones físicas de la aleta y su simetría, se adoptó un tamaño de malla de  $\Delta x = \Delta y = 0.75$  mm, generando un total de 138 nodos. Una representación simplificada de la nodalización en diferencias finitas para un elemento (una aleta) del disipador, se muestra en la Figura 2.



**Figura 1.** Configuración geométrica del dissipador de calor



**Figura 2.** Arreglo nodal de la aleta para el método de diferencias finitas

La ecuación base para el cálculo de la distribución de temperaturas en los nodos internos de la aleta, es la ecuación de Laplace (Ecuación 9).

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \tag{Ec. 9}$$

Discretizando la ecuación de Laplace en diferencias finitas, simplificando términos y realizando las operaciones algebraicas correspondientes, se obtiene la ecuación genérica (Ecuación 10) para la temperatura de los nodos internos (nodos 48-92).

$$T_{i+1,j} - 4T_{i,j} + T_{i-1,j} + T_{i,j+1} + T_{i,j-1} = 0 \tag{Ec. 10}$$

Para los nodos en la frontera convectiva izquierda (nodos 2-46), a partir de un balance de calor (ver Figura 3), se obtiene la Ecuación 11, que permitirá ligar a la conducción de calor a través de la aleta con la convección hacia el aire ambiental.

$$q_1 + q_2 + q_3 = q_{conv} \tag{Ec. 11}$$

Calculando los términos  $q_1$  a  $q_3$  a partir de la Ley de Fourier, aplicando la ley de enfriamiento de Newton para el término convectivo y finalmente reemplazando las derivadas por diferencias finitas de primer orden, se obtiene la Ecuación 12, representativa de los nodos de la frontera izquierda.

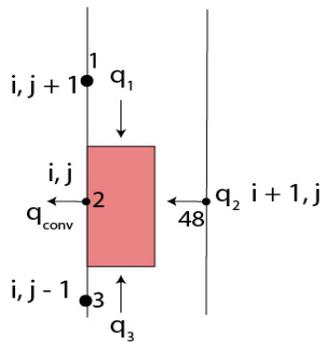
$$-\bar{k} \frac{\Delta x}{2} \Delta z \left( \frac{T_{i,j} - T_{i,j+1}}{\Delta y} \right) - \bar{k} \frac{\Delta y}{2} \Delta z 2 \left( \frac{T_{i,j} - T_{i+1,j}}{\Delta x} \right) - \bar{k} \frac{\Delta x}{2} \Delta z \left( \frac{T_{i,j} - T_{i,j-1}}{\Delta y} \right) = h \Delta y \Delta z (T_{i,j} - T_{\infty}) \tag{Ec. 12}$$

Sustituyendo valores y simplificando, se obtiene la ecuación en diferencias finitas, representativa de los nodos de la frontera izquierda (Ecuación 13).

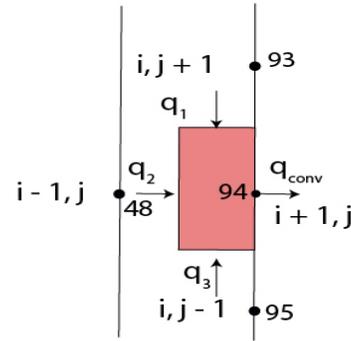
$$4.00022 T_{i,j} - 2 T_{i+1,j} - T_{i,j+1} - T_{i,j-1} = 0.0054 \tag{Ec. 13}$$

Dado que la aleta es simétrica, se puede utilizar un procedimiento similar al aplicado a la frontera izquierda para obtener la ecuación representativa de los nodos de la frontera derecha (nodos 94-138). De esta forma, de un balance de calor para la frontera derecha de la aleta (Figura 4), reemplazando los términos de conducción de calor (ley de Fourier) y la convección (ley de enfriamiento de Newton) con el medio ambiente por diferencias finitas de primer orden, se obtiene la ecuación algebraica representativa de estos nodos frontera (Ecuación 14).

$$4.00022 T_{i,j} - 2 T_{i-1,j} - T_{i,j+1} - T_{i,j-1} = 0.0054 \tag{Ec. 14}$$



**Figura 3.** Balance de calor para la frontera convectiva izquierda

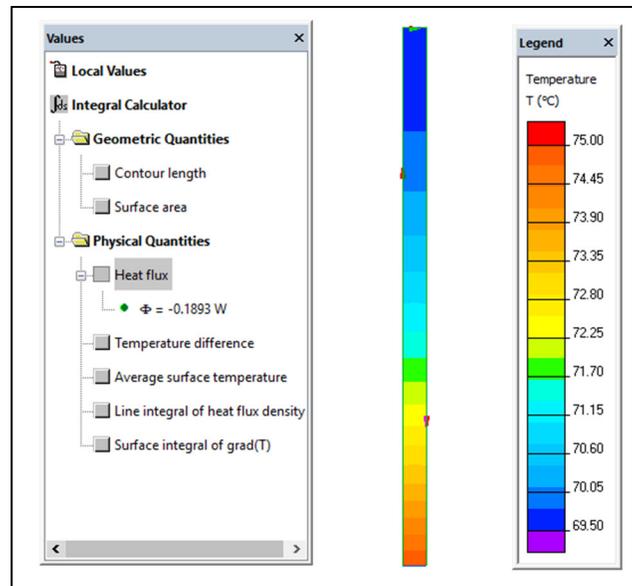


**Figura 4.** Balance de calor para la frontera convectiva derecha

### Resultados y Discusión

A partir de las ecuaciones en diferencias finitas para los nodos internos así como para los nodos frontera, se integra un sistema de ecuaciones lineales, el cual se resuelve aplicando el programa Excel de Microsoft. La Tabla 2 muestra las temperaturas en los nodos del eje central de la aleta, iniciando por el extremo (nodo 47) y concluyendo en el nodo cercano adyacente a la base (nodo 92).

Con la finalidad de verificar los resultados obtenidos por el método de diferencias finitas contra los que se obtiene al aplicar el método de elemento finito (MEF), se realizó una simulación de la transferencia de calor en la aleta con la versión estudiantil del programa QuickField™ (QuickField™ Student Edition 6.3.1.2049), utilizando el mismo tamaño de malla y condiciones de frontera. En la Figura 5 se muestra la distribución de temperaturas que se obtiene en la simulación con el programa QuickFiled™.



**Figura 5.** Resultados de la simulación numérica con QuickField™

En la Tabla 2 se realiza la comparación de los resultados obtenidos tanto por el método analítico como por los métodos numéricos descritos anteriormente. Los resultados obtenidos para la distribución de temperatura no muestran una variación notable en ninguno de los métodos empleados.

## Conclusiones

En este trabajo se realizó el análisis de la transferencia de calor en un disipador térmico usado para enfriar la unidad de procesamiento de gráficos de una computadora personal. Este análisis se realizó usando tres diferentes metodologías, con la finalidad de comparar las ventajas de los métodos numéricos frente a una solución analítica simplificada. Se mostraron los resultados obtenidos mediante los métodos de diferencias finitas, elemento finito y la solución analítica para el caso unidimensional en estado estacionario.

Los resultados obtenidos para la distribución de temperaturas en los nodos de la línea central de la aleta, no muestran una variación notable en ninguno de los métodos empleados. La máxima diferencia encontrada entre las temperaturas obtenidas con los tres métodos, no supera el 0.2%, para el tamaño de malla y nodalización propuestas.

**Tabla 2.** Resultados obtenidos para la temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ] en los nodos internos de la aleta, para el cálculo analítico y los métodos numéricos aplicados

Nodo	Método analítico	MEF	MDF	Nodo	Método analítico	MEF	MDF	Nodo	Método analítico	MEF	MDF
47	69.57	69.57	69.44	63	70.27	70.27	70.15	79	72.22	72.22	72.15
48	69.58	69.58	69.45	64	70.35	70.35	70.24	80	72.38	72.39	72.32
49	69.59	69.59	69.46	65	70.44	70.44	70.33	81	72.55	72.56	72.49
50	69.61	69.61	69.48	66	70.54	70.54	70.43	82	72.73	72.73	72.67
51	69.63	69.63	69.50	67	70.64	70.64	70.53	83	72.91	72.91	72.86
52	69.66	69.66	69.53	68	70.74	70.74	70.64	84	73.10	73.10	73.05
53	69.69	69.69	69.56	69	70.85	70.85	70.75	85	73.29	73.29	73.24
54	69.72	69.73	69.59	70	70.97	70.97	70.87	86	73.48	73.48	73.44
55	69.77	69.77	69.64	71	71.08	71.09	70.99	87	73.68	73.68	73.65
56	69.81	69.81	69.68	72	71.21	71.21	71.12	88	73.89	73.89	73.86
57	69.86	69.86	69.74	73	71.34	71.34	71.25	89	74.10	74.10	74.08
58	69.92	69.92	69.79	74	71.47	71.47	71.39	90	74.32	74.32	74.30
59	69.98	69.98	69.85	75	71.61	71.61	71.53	91	74.54	74.54	74.53
60	70.04	70.04	69.92	76	71.76	71.76	71.68	92	74.77	74.77	74.76
61	70.11	70.11	69.99	77	71.91	71.91	71.83				
62	70.19	70.19	70.07	78	72.06	72.06	71.99				

## Referencias

- 1 Comisión Nacional del Agua & Sistema Meteorológico Nacional (2018), Base de datos climatológica a junio de 2018.
- 2 From <https://smn.cna.gob.mx/tools/RECURSOS/Diarios/17026.txt>
- 3 L. Lapidus, G. F. Pinder (1982), Numerical Solution of partial differential equations in Science of Engineering, John Wiley & Sons.
- 4 M. Necati Ozisik (1985), Heat Transfer: A basic approach, Ed. McGraw Hill. Volumen 1.
- 5 Y. A. Cengel, A. J. Ghajar (2011). Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. Ed. McGraw Hill. 4<sup>a</sup> Edición.

## SISTEMA DE ASPERSIÓN DE ALTO DESEMPEÑO PARA FUMIGAR TIERRAS DE CULTIVO

J.E. Valle-Escobar, E. Salinas-Hernández, M. Monreal-Torres, A. Champion-Coria, E. López-García

<sup>1</sup>Departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [SALINAS-76@hotmail.com](mailto:SALINAS-76@hotmail.com), [championac2000@yahoo.com.mx](mailto:championac2000@yahoo.com.mx) <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [Monreal-01@hotmail.com](mailto:Monreal-01@hotmail.com), [jorg.valle@hotmail.com](mailto:jorg.valle@hotmail.com), [eriklopez007@gmail.com](mailto:eriklopez007@gmail.com), Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México.

*Área de participación: Sistemas electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** Para ayudar a reducir los esfuerzos necesarios para llevar a cabo los principales procesos para fumigar las tierras de cultivo, se ha diseñado un sistema semiautomático de pulverización que permite realizar las labores de fumigar de una manera más rápida, económica y con menos personal humano involucrado en la aplicación de elementos fitosanitarios. El presente proyecto de ha llevado a cabo a lo largo de distintas etapas que han permitido cumplir con cada uno de los objetivos propuestos, estas etapas inician con el diseño propuesto para la implementación del sistema de fumigación, se realiza este diseño mediante software especializado para esta tarea, para después pasar a la etapa de manufactura del equipo de fumigación y sistema neumático-mecánico.

### Introducción

La tecnología juega un papel fundamental a la hora de hacer más fáciles las labores diarias del hombre, hoy en día en México, no existe suficiente investigación en tecnología para el sector agroindustrial, ya que los trabajos en el área de agricultura son realizados con maquinarias que no han evolucionado en muchos años, teniendo como principal consecuencia, un significativo desgaste físico para los trabajadores del campo.

Para ayudar a reducir los esfuerzos necesarios para llevar a cabo los principales procesos para fumigar las tierras de cultivo, se ha diseñado un sistema semiautomático de pulverización que permite realizar las labores de fumigar de una manera más rápida, económica y con menos personal humano involucrado en la aplicación de elementos fitosanitarios.

El presente proyecto de ha llevado a cabo a lo largo de distintas etapas que han permitido cumplir con cada uno de los objetivos propuestos, estas etapas inician con el diseño propuesto para la implementación del sistema de fumigación, se realiza este diseño mediante software especializado para esta tarea, para después pasar a la etapa de manufactura del equipo de fumigación y sistema neumático-mecánico.

### Fundamento Teórico

El proceso de explotación agrícola de forma general, consta básicamente de cuatro etapas, las cuales inician con la preparación del terreno, el proceso de siembra, el mantenimiento del cultivo y por último, la cosecha o recolección. Cada proceso presenta diferentes problemáticas que a diario los agricultores deben afrontar y superar para dar continuidad a cada proceso. Un proceso que tiene muchas

problemáticas es el proceso de mantenimiento, el cual consiste en el riego del cultivo y la fumigación para el control de plagas y enfermedades.

Actualmente existen diferentes métodos para llevar a cabo este proceso de fumigar, de los cuales la más común es el método terrestre, en el cual, el operario carga sobre su espalda un equipo neumático, en el que se almacena y transporta el elemento fumigador y el sistema de riego de este; el operario llena este contenedor y se dirige al área que se pretende fumigar para realizar su tarea; este método es sumamente desgastante, ya que es necesario llenar constantemente el contenedor con los 22 litros del líquido a fumigar y transportarse caminando a través de áreas de difícil acceso hasta la zona a trabajar. Otro método utilizado para fumigar es con el uso de equipos pulverizadores de carretilla, los cuales utilizan diferentes motores de combustión interna para generar la presión necesaria para que el producto a esparcir pueda salir con la presión requerida, estos, se utilizan sobre zonas amplias en las cuales se requiere mucho tiempo y bastante personal para realizar esta tarea en poco tiempo, cabe mencionar que el uso de estos equipos de pulverización implica altos costos de combustibles y aditivos necesarios para su correcto funcionamiento, así como también, altos costos de mantenimiento, aunado a los daños ambientales y efectos de contaminación a causa de los gases de efecto invernadero que estos motores a gasolina emiten. Ambos métodos generan altos costos de producción, no solo por el costo de los productos agroquímicos, sino también porque ambos métodos de fumigación requieren una alta inversión en equipo de pulverización, personal capacitado y tiempo requerido para realizar estas tareas.

El trabajo de fumigación, necesariamente debe ser un proceso controlado, ya que el exceso de productos agroquímicos puede producir contaminación de los suelos y aguas, y para los operarios el contacto directo con estos elementos puede causar severos daños, que van desde enfermedades dérmicas, quemaduras, intoxicaciones, que pueden llevar a complicaciones como distintos tipos de cáncer, enfermedades respiratorias, leucemia y/o malformaciones; estas consecuencias pueden producirse por contacto directo con el agua contaminada o por el consumo de los frutos de la cosecha.

## **Resultados y Discusión**

Dentro del sector agrícola existen diversas herramientas que ayudan en la importante labor de esparcir los diferentes productos necesarios para el correcto desarrollo de los cultivos. Las bombas pulverizadoras más comunes, si bien su precio es considerablemente accesible ya que oscilan los \$1,000.00, necesitan de un gran esfuerzo para ser operadas debido a su diseño poco ergonómico, y que, además, se requiere bastante tiempo para realizar el trabajo.

Han surgido algunos nuevos diseños que permiten realizar el mismo trabajo que las anteriores, pero de manera más ergonómica y rápida, ya que trabajan con diferentes motores a gasolina, pero son equipos de difícil acceso, ya que su precio es muy

elevado; estos oscilan los \$12,000.00. Haciendo que para los trabajadores agrícolas sea bastante difícil adquirir un equipo de estos.

Caspersor ofrece realizar el trabajo de fumigar las tierras de cultivo de una manera más fácil y rápido que los primeros, ya que realiza el mismo trabajo un 300% más rápido y sin necesidad de cargar el líquido a esparcir. Además, de requerir menos trabajadores, pues el trabajo realizado por cuatro trabajadores se realiza con un solo Caspersor, reduciendo así el gasto de mano de obra hasta en un 75%.



Figura 1. Caspersor

Caspersor no utiliza un motor de combustión interna, por lo que no requiere de combustibles fósiles ni lubricantes para su funcionamiento, reduciendo así, el costo de operación y gastos de mantenimiento. Así como también eliminando por completo la emisión de gases de efecto invernadero que dichos motores emiten. Cuenta con cuatro aspersores con distancias regulables, lo que nos permite ajustarlos a las distintas distancias entre surco y surco, que pueden ir desde los 40 hasta los 80 centímetros de distancia.

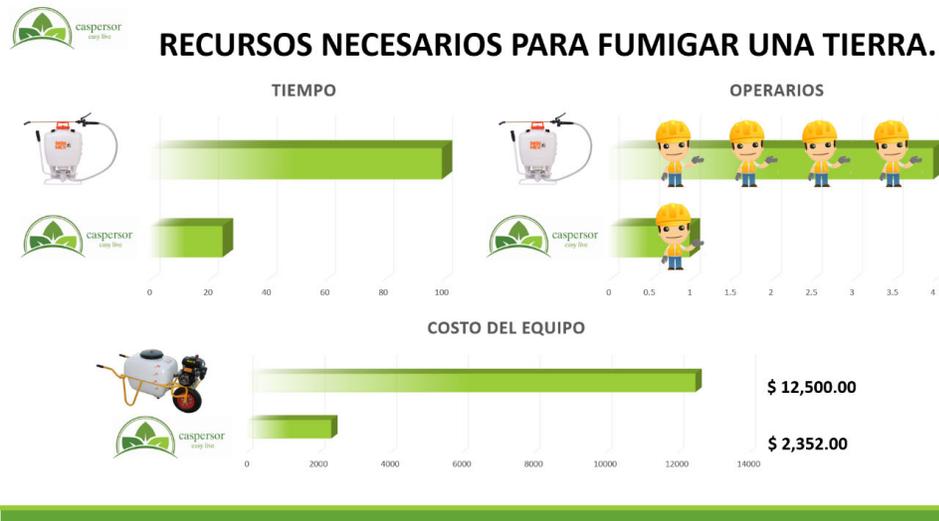
Tabla 1. Costos de producción.

Proveedor.	Ubicación.	MATERIAL.	PPRECIO.
Truper	Cuernavaca Mor.	Chasis + llanta	\$410
Hyundai	CDMX.	Bomba + contenedor	\$423
HS.	Jojutla Mor.	Manguera	\$30
HS.	Jojutla Mor.	Aspersores	\$320
Truper	Cuernavaca Mor.	Chasis + llanta	\$40
Truper	Cuernavaca Mor.	Chasis + llanta	\$16
Aceros Marín.	Zacatepec Mor.	Acero	\$42
OMG.	Tlaquiltenango Mor.	Calcomanías	\$20
Benoto.	Zacatepec Mor.	Cadena	\$23
Benoto.	Zacatepec Mor.	engranes	\$68
-----	-----	Mano de obra (8 horas)	\$176
--	-----		
		<b>Costo total:</b>	<b>\$1568</b>

Signo.	Concepto.	Cantidad.
	Precio propuesto de venta al público en general.	<b>\$2352.00</b>
-	Total de costos de producción.	<b>\$1568.00</b>
=	<b>Ganancia aproximada por producto.</b>	<b>\$783.00</b>

Altura de aspersión regulable, que puede ir desde los 30 hasta los 120 centímetros del suelo.

Tanque con capacidad de 22 litros, capaz de cubrir un área de 2300m<sup>2</sup> de terreno.



**Figura 2.** Comparación de recursos necesarios para fumigar una tierra de cultivo.

## Conclusiones

La etapa de fumigación es parte fundamental en el proceso de mantenimiento de las tierras de cultivo, ya que mediante esta se mantiene un control sobre las plagas y enfermedades que podrían afectar de manera significativa la calidad de los productos que se cultivan. Existen tres principales problemáticas presentes en la etapa de fumigación: costos financieros, costos de mano de obra, y costos medioambientales.

Los costos financieros son aquellos presentes debido a un desperdicio en el producto a esparcir, producidos por no contar con un proceso normalizado para evitar una aplicación excesiva. El factor humano es parte esencial cuando se habla de costos, ya que en ocasiones no se cuenta con personal debidamente capacitado para la aplicación, además de que en ocasiones el proceso de fumigación es demasiado difícil debido a las condiciones de difícil acceso del terreno ocasionado por distintos factores, como consecuencia de esto, tenemos un excesivo desgaste físico del personal. Otro factor de suma importancia es el tiempo de trabajo, cuando tenemos la necesidad de fumigar grandes extensiones de tierra se necesita mucho tiempo o un mayor número de operarios para realizar esta tarea, de lo contrario, esto podría ocasionar que parte de la tierra no sea fumigada de manera correcta, o que esta se realice en un desfase de tiempo por lo que se podría perder uniformidad en el desarrollo del cultivo.

Los costos medio ambientales son aquellos producidos cuando el proceso de fumigación se realiza de manera inexacta, debido a que se vierten cantidades excesivas de productos químicos sobre el suelo, teniendo como consecuencia un

considerable desperdicio de este; cuando estos productos químicos son arrastrados a través las aguas de riego podrían ser consumidos por animales, plantas o inclusive las personas, ocasionando graves problemas de salud y afectando así el equilibrio del ecosistema local.

Los costos de personal se producen cuando las personas que están expuestas a este tipo de químicos presentan problemas de salud, es por eso que se utilizan equipo de protección como vestimentas especiales y caretas para la protección personal, pero es necesario tener en cuenta, que las personas que realizan la tarea de fumigar deben llevar el equipo de fumigación y el equipo de protección, lo que genera rápidamente fatiga y cansancio y con el pasar del tiempo, problemas físicos de columna y espalda, en algunas ocasiones los operarios deben fumigar en zonas donde los terrenos son difíciles, con subidas y bajadas y además constantemente deben volver para recargar los tanques.

A través de una carretilla pulverizadora semiautomática se pueden resolver varios de los estos problemas, ya que el equipo realizará el trabajo de fumigar las tierras de cultivo de una manera más rápido, económico y fácil. Con este sistema recorrerá la zona objetivo de manera ordenada aplicando herbicida, lo cual disminuirá los costos financieros, pues se Realiza el mismo trabajo un 300% más rápido que una bomba convencional, gracias a esto podremos reducir el gasto de mano de obra hasta en un 75%. Evitará el desperdicio de material, debido a que el sistema no repetirá la aplicación de fumigantes sobre lugares que hayan sido fumigados previamente.

Cabe mencionar que el sistema de una carretilla pulverizadora semiautomática simplifica el trabajo que el jornalero lleva a cabo para fumigar las tierras de cultivo, ya que elimina la necesidad de que el trabajador cargue la bomba en su espalda y recorra así todos los surcos de la tierra de cultivo.

## Referencias

- [1] Budynas, R. G., y Keith Nisbett, J. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Ciudad de Mexico: MacGraw Hill Interamericana.
- [2] Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica CONRICyT, (2018). Reporte Anual 2017. Recuperado desde el sitio web: <https://www.conricyt.mx>
- [3] Grandal, R. (2014). Historia en imágenes del riego por aspersion. Obtenido de <http://www.riegosgrandal.com/2014/07/24/historia-en-imagenes-delriego-por-aspersion-1872-1986/>
- [4] Instituto mexicano de la propiedad industrial IMPI, (2018). Propiedad intelectual 2018. Recuperado desde el sitio web: <https://www.gob.mx/impi>
- [5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, (2017). Encuesta Nacional Agropecuaria 2016. Recuperado desde el sitio web: <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/default.html>

[6] National Aeronautics and Space Administration NASA, Aug. 7, 2017. Technology Readiness Level. Sitio web:

[https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt\\_accordion1.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html)

[7] Santos Pereira, L., de Juan Valero, J. A., Picornell, M. R., y Trjuelo Martin -Benito, J. M. (2010). El riego y sus tecnologías. España: Universidad De Castilla - La Mancha.

# ESTABILIDAD Y DISEÑO DE UN CONTROLADOR LQR PARA UN SISTEMA BOLA-VIGA

P. Téllez-Cuevas<sup>1</sup>, A. Hernández-Luna<sup>1</sup>, C.Y. Luna-Carrasco<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>*División de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango-[ingelecptc@gmail.com](mailto:ingelecptc@gmail.com), [hl.aldo22@gmail.com](mailto:hl.aldo22@gmail.com)* <sup>2</sup>*División de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Avenida Tecnológico No. 80, Colonia 5 de Octubre, Huauchinango, Puebla, México - [claulink.carrasco@gmail.com](mailto:claulink.carrasco@gmail.com)*

*Área de participación: Sistemas electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** En este artículo se presenta el diseño de un controlador LQR para un sistema de bola y viga. El par de entrada se genera desde el servomotor para controlar la posición de la bola en la viga, donde la bola rueda libremente. El análisis se lleva a cabo utilizando un LQR robusto y se presentan las características de rendimiento del sistema. El comportamiento dinámico del sistema con el controlador se llevó a cabo usando Matlab/Simulink. Finalmente, el análisis de estabilidad se lleva a cabo trazando los planos de fase.

## Introducción

La dinámica de un sistema está condicionado por acciones condicionadas ya sea de un modo deseado a través de la manipulación de variables o por perturbaciones que son aquellas variables no manipuladas. El desafío actual es el modelado y control, interrelacionados, de sistemas modernos y complejos, tales como el control de tráfico, procesos químicos y sistemas robóticos [1]. El control de un sistema Bola-Viga es uno de los más interesantes para la ingeniería de control ya que es un sistema dinámico altamente no lineal, el cual consiste en una viga que rota en donde una bola se mueve libremente cambiando de posición mientras rueda en la viga. Este sistema se puede aplicar en problemas de estabilidad para varios sistemas, como la estabilidad horizontal de un avión durante el aterrizaje y el flujo de aire turbulento, y el problema de equilibrio con los bienes que deben transportar los robots.

Una propiedad interesante del sistema de bola y viga que motivó mucha investigación es que es un sistema inestable. Se han realizado muchos estudios sobre el sistema de bola y viga. Hirsch [2] construyó el sistema bola-viga, uso un sensor ultrasónico para medir la posición de la bola. El ángulo de la viga lo midió a través de un potenciómetro. El motor con caja de cambios se accionó con un circuito de amplificador operacional de alta potencia. Yu [3] usa un controlador PD para controlar el modelo no lineal del sistema bola viga. El controlador aplicado es una síntesis de tipo PD que muestra la respuesta con un tiempo de establecimiento de aproximadamente 150 ms. Sin embargo, existen algunos errores de estado estable.

Los objetivos de este documento se centran en el rendimiento del sistema usando un control LQR para diferentes perturbaciones, así mismo, obtener los planos de fase. La organización de este documento es la siguiente: el modelado del sistema de bola y viga, el diseño del control LQR, la configuración experimental y los resultados y finalmente los resultados y conclusiones.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### Modelado del Sistema Bola y Viga

El modelado es el primer paso en el diseño de un lazo de control. Cuanto mayor es el conocimiento del proceso, mejores son los resultados que obtendremos, ya que el diseño del control será basado en el modelo. La configuración mecánica del sistema bola viga se muestra en la figura 1 [5], consiste de dos brazos mecánicos, una caja de engranes y un servomotor de CD. La bola se coloca en la viga, donde rueda libremente a lo largo de su plano horizontal. El brazo de palanca está unido a la viga en un extremo y el servo engranaje en el otro.

Aplicando la ley de Kirchhoff de voltajes al motor de CD se obtiene:

$$V_{in} = I_m R_m + K_b \dot{\theta} + L_m \frac{di}{dt} \quad (1)$$

Donde  $\dot{\theta}$  es la velocidad angular,  $V_{in}$  es el voltaje de entrada,  $I_m$ ,  $R_m$  y  $L_m$  son la corriente, la resistencia y la inductancia de armadura respectivamente y  $K_b$  la constante de la fuerza electromotriz. Si la inductancia de armadura tiene un valor muy pequeño la ecuación (1) se reduce a:

$$V_{in} = I_m R_m + K_b \dot{\theta} \quad (2)$$

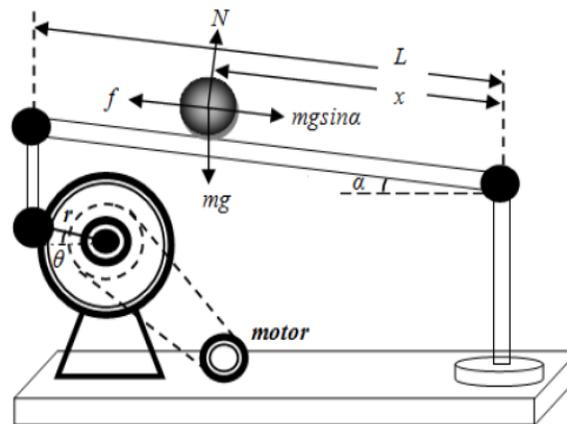


Fig. 1. Sistema bola viga

El par que actúa sobre la viga es:

$$\tau_m = \frac{1}{K_g} (J_m \ddot{\theta} + B_m \dot{\theta}) \quad (3)$$

El coeficiente de fricción viscosa es  $B_m$ , el par rotacional es  $T_m$ ,  $K_g$  es la relación entre la caja de engranes del motor y el servo,  $J_m$  es la inercia. En base a las ecuaciones anteriores el modelo del motor queda descrito como:

$$V_{in} = \frac{R_m J_m}{K_m K_g} \ddot{\theta} + \left( K_b + \frac{R_m B_m}{K_m K_g} \right) \dot{\theta} \quad (4)$$

Para obtener el modelo matemático del sistema bola viga utilizamos las ecuaciones de Euler-Lagrange, considerando que el sistema no tiene perturbaciones y no hay fricción quedando

$$H = T - P \quad (5)$$

$$H = \frac{1}{2} \left[ (J_1 + mr^2) \dot{\alpha}^2 + \frac{7}{5} m \dot{r}^2 \right] - \left( mgr + \frac{L}{2} Mg \right) \sin \alpha \quad (6)$$

El lagrangiano H resume la dinámica del sistema. Puesto que no hay fuerza externa sobre la bola, las ecuaciones de movimiento de Lagrange se dan en las ecuaciones (7) y (8)

$$(J_1 + mr^2) \ddot{\alpha} + 2mrr\dot{\alpha} + \left( mgr + \frac{L}{2} Mg \right) \cos \alpha = \tau \quad (7)$$

$$\frac{7}{5} \ddot{r} - r\dot{\alpha}^2 + g \sin \alpha = 0 \quad (8)$$

Considerando que sin fricción el ángulo de la viga conduce a que  $g \sin \alpha \approx g\alpha$  entonces al linealizarse estas ecuaciones se puede estimar cuando sistema se aproxima a un punto de equilibrio. En este punto  $\dot{\alpha} \approx 0$  entonces  $-r\dot{\alpha}^2 \approx 0$  y las ecuaciones (7) y (8) quedan

$$(mr^2 + K_1) \ddot{\alpha} + (2mrr\dot{\alpha} + K_2) \alpha + \left( mgr + \frac{L}{2} Mg \right) \cos \alpha = \tau \quad (9)$$

$$K_4 \ddot{r} - r\dot{\alpha}^2 + g\alpha = 0 \quad (10)$$

Donde:

$$K_1 = \frac{R_m J_m L}{K_m K_g d} + J_1$$

$$K_2 = \frac{L}{d} \left( \frac{K_m K_b}{R_m} + K_b + \frac{R_m B_m}{K_m K_g} \right)$$

$$K_3 = 1 + \frac{K_m}{R_m}$$

$$K_4 = \frac{7}{5}$$

La representación en el espacio de estados [4]

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{g}{K_4} x_3 \quad (11)$$

$$\dot{x}_3 = x_4$$

$$\dot{x}_4 = \frac{1}{m x_1^2 + K_1} \left[ K_3 V_{in} - (2 m x_1 x_2 - K_2) x_4 - \left( mg x_1 + \frac{L}{2} Mg \right) \cos x_3 \right]$$

La variable  $x_1 = r$  (m) es la posición de la bola en la viga,  $x_2 = \dot{r}$  (m/s) representa la velocidad de la bola,  $x_3 = \alpha$  (rad) indica la posición angular de la viga y la velocidad angular de la viga es  $x_4 = \dot{\alpha}$  (rad/s).

El modelo representado por las ecuaciones diferenciales de estado es no lineal como la mayoría de los sistemas físicos. Este modelo se puede aproximar a su versión lineal bajo ciertas condiciones en determinados puntos de equilibrio. La linealización se realiza alrededor de un punto o trayectoria de operación, definido por valores nominales.

El punto  $x_{eq} = f(x_{eq}, 0) = 00 = x_2$

$$0 = -\frac{g}{K_4} x_3$$

$$0 = x_4$$

$$0 = \frac{1}{m x_1^2 + K_1} \left[ K_3 V_{in} - (2 m x_1 x_2 - K_2) x_4 - \left( m g x_1 + \frac{L}{2} M g \right) \cos x_3 \right]$$

Despejando, obtenemos que el punto de equilibrio resulta:

$$x_{eq} = \left[ -\frac{L M}{2 m} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \right]$$

Tomando el punto de equilibrio se linealiza el sistema alrededor de dicho punto se obtiene

$$A = \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x=x_{eq}} \quad y \quad B = \left. \frac{\partial f}{\partial u} \right|_{x=x_{eq}} \quad (12)$$

Para este trabajo se consideran los siguientes datos del sistema  $L=0.7$  m;  $M=18.848 \times 10^{-3}$  Kg;  $m=0.5$  Kg;  $g=9.81$  m/s<sup>2</sup>;  $J_1=7.35 \times 10^{-4}$  Kg m<sup>2</sup>;  $d=0.075$  m;  $B_m=0.4 \times 10^{-6}$  N m-s;  $K_b=0.022$  V/rad/s;  $K_m=0.022$  N m/A;  $R_m=9.4 \Omega$ ;  $\tau=0.0163$  Nm;  $J_m=8.5 \times 10^{-7}$  Kg m<sup>2</sup>;  $I_m=0.76$  A;

Ya con los datos se sustituyen en (11) quedando

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -7.0014 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1140.9 & 0 & 0 & -48.25 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 233.148 \end{bmatrix} \quad (14)$$

### Diseño del Controlador LQR

El control LQR es un controlador que proporciona el mejor rendimiento posible, ofrece una ley de control simple, muy robusto tanto en tiempo continuo o en tiempo discreto. Para el control óptimo, las especificaciones de control son formuladas en una función de costo. La función de costo (también conocida como figura de mérito, índice de desempeño, etc.), es una función que penaliza el "mal" comportamiento del sistema, es decir cuánto más lejos este el sistema de la situación deseada, mayor será el valor de la función de costo. Entonces, el objetivo del controlador óptimo, será minimizar esta función.

El control LQR se plantea como la necesidad de calcular la mejor entrada  $u(t)$ , que permita llevar el sistema de un estado inicial  $x(t_0)$ , a un estado final  $x(t_f)$  en un tiempo  $t_f - t_0$ . Para calcular la ganancia de realimentación  $K$  es siguiendo el criterio de optimización minimizando el funcional cuadrático

$$J = \int_0^{t_\infty} [x^T(t) + Qx(t) + u^T(t)Ru(t)] dt \quad (15)$$

Donde Q y R son matrices positivas definidas, generalmente diagonales o cuando menos simétricas, que determinan la importancia de cada parámetro dentro de la función de costo, que ponderan las variables de estado y la actuación respectivamente. La matriz Q la importancia de los estados durante la transición y R la importancia de la entrada.

La formulación del problema utilizando una matriz R distinta de cero, tiene particular importancia en la práctica ya que esta matriz nos limitará el valor de la entrada u, aplicada al sistema. Como el criterio se basa en funcionales cuadráticos, recibe el nombre de regulador lineal cuadrático (LQR). El funcional J puede interpretarse como el costo total de la transición de las variables de estado de un punto a otro.

Con las siguientes restricciones

$$\dot{x} = Ax(t) + Bu(t) \quad (16)$$

$$u(t) = -Kx(t) \quad (17)$$

No hay reglas que puedan emplearse de forma general para la selección de las matrices Q y R. Una regla simple consiste en escoger Q y R diagonales, asignando valores grandes a aquellas variables que se desee minimizar.

En cualquier caso, los valores de Q y R deben ser siempre positivos o cero. El conocimiento que se posea del sistema resulta fundamental en la selección de estas matrices. Aun así, es conveniente calcular diferentes controladores, en base a distintos valores para las matrices Q y R, y verificar su efectividad mediante la simulación. Una ventaja importante del control LQR es que, sea cual sea la elección de las matrices Q y R, se preserva la estabilidad asintótica y la robustez del controlador.

Considerando lo anterior, se definen las matrices Q y R, con ellas se determina la importancia relativa del error y el gasto de energía de la señal de control por tanto:

$$Q = \begin{bmatrix} 50000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 50000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5 \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$R = [0] \quad (19)$$

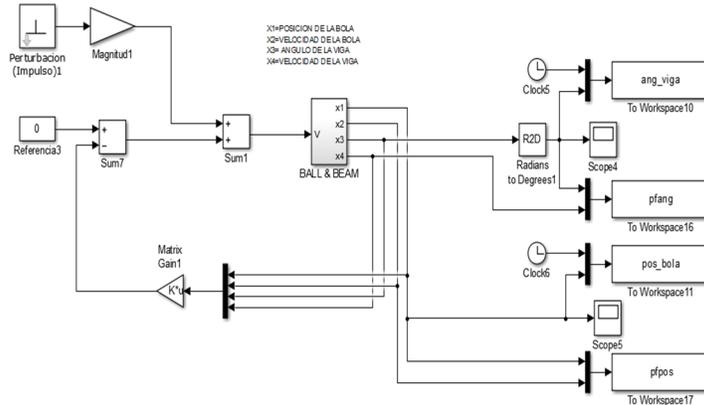
### Resultados y Discusión

La simulación del sistema péndulo invertido con controlador se desarrolla sobre el software MATLAB/SIMULINK. El obtener la matriz K, analíticamente no es tarea fácil, MATLAB cuenta con la función  $K=lqr(A,B,Q,R)$ . Para ello es necesario ajustar Q y R hasta obtener el desempeño deseado.

La matriz A y B se toman de (13) y (14) y la matriz Q y R de (18) y (19) respectivamente con lo que se obtuvo

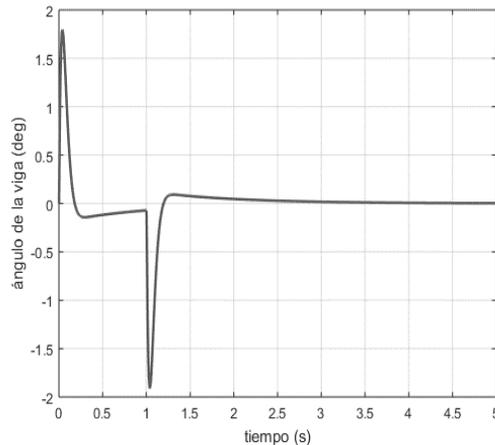
$$K = [-228.553 \quad -239.47 \quad 114.978 \quad 2.248] \quad (20)$$

La Fig. 2 se muestra el diagrama de control del sistema bola viga en SIMULINK con el controlador LQR.



**Fig. 2.** Sistema de control LQR en SIMULINK

Los resultados de la simulación para el control de seguimiento se ilustran en la Fig. 3 para el caso de una perturbación impulso cuya magnitud es de 5N con una referencia 0°. La respuesta que se grafica corresponde a la posición angular de la viga con respecto a la horizontal, se observa que tiene dos sobreelongaciones una de ±1.7° y un tiempo de asentamiento de 3s.

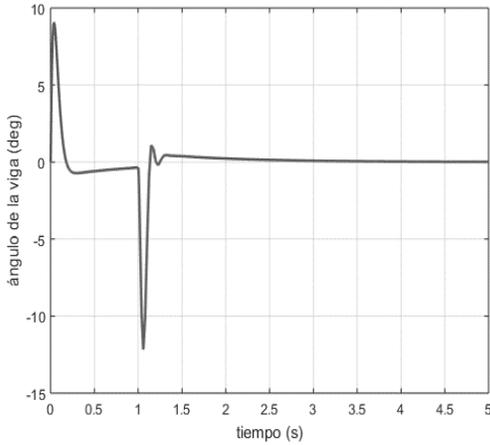


**Fig. 3.** Respuesta del sistema con una perturbación de 5 N

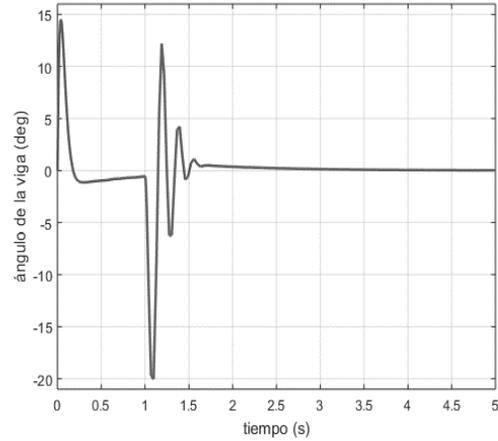
La Fig. 4 y la Fig. 5 muestran el comportamiento del sistema con unas perturbaciones de 25N y 50N respectivamente en donde se observa que la salida sigue con éxito la trayectoria de referencia, proporcionan un buen rendimiento ambas con un tiempo de asentamiento para el caso de ambas figuras de 3s, pero en el caso de la respuesta de la Fig. 3 se tienen sobreelongaciones de 8°, -12° y dos pequeños picos de ±1°. La respuesta de la Fig. 4 muestra que alcanza unas sobreelongaciones de 15°, 12°, 4°, 1°, -20°, -6°-0.5°, hasta que alcanza el valor de referencia.

La estabilidad es una característica importante a considerar en el desarrollo y análisis de un controlador, cuando el sistema es lineal se dispone de algunos

critérios, entre los cuales está el criterio de estabilidad de Routh o el Nyquist, sin embargo, cuando el sistema es no lineal estos criterios no son aplicables [6].

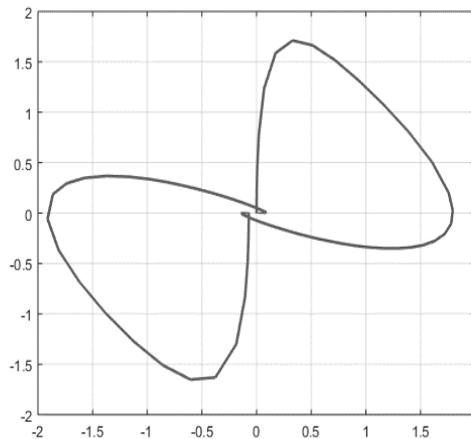


**Fig. 4.** Respuesta del sistema con una perturbación de 25 N.

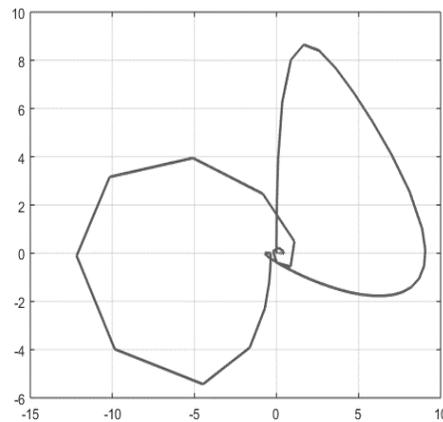


**Fig. 5.** Respuesta del sistema con una perturbación de 50 N.

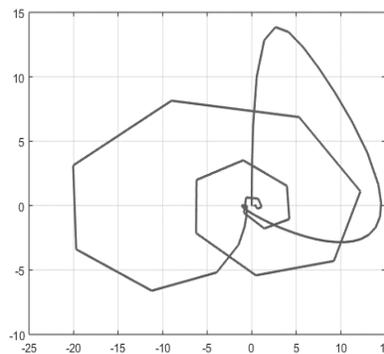
Para verificar la estabilidad del sistema por medio del análisis gráfico con el plano de fase en el que se grafica la posición angular (eje x) contra la velocidad angular (eje y) de la respuesta del sistema. Las Fig. 6, muestra la trayectoria en el plano de fase del sistema, en ella se observa que la trayectoria parte desde un punto establecido por las condiciones iniciales, que en este caso son cero, y después de cierto tiempo llega al punto esperado ya que se ha perturbado con un impulso de 5N, en la Fig. 7 se observa que la trayectoria es muy parecida a las de la Fig. 6, solo con pequeñas variaciones en su trayectoria y la Fig. 8 describe una trayectoria más irregular debido a las sobreelongaciones pero alcanza el punto deseado, en ambas trayectorias para las diferentes perturbaciones las respuestas convergen al mismo valor de referencia.



**Fig. 6.** Plano de fase del sistema para una perturbación de 5N.



**Fig. 7.** Plano de fase del sistema para una perturbación de 25N.



**Fig. 8.** Plano de fase del sistema para una perturbación de 50N.

## Conclusiones

Se obtiene el comportamiento dinámico del sistema con una referencia de 0 y diferentes perturbaciones impulsos, la respuesta obtenida muestra que el sistema responde rápido con pequeñas sobreelongaciones para perturbaciones magnitudes pequeñas y en caso de magnitudes grandes tiene picos mayores con respecto con los de menor magnitud pero en ambos caso alcanza el valor deseado.

Para la estabilidad por medio de plano de fase, las trayectorias de la respuesta del sistema no lineal con el controlador LQR, las respuestas convergen al mismo valor de referencia. Finalmente, este estudio proporciona un rendimiento dinámico con precisión de la posición angular de la viga.

## Referencias

- [1] Dorf, Richard C. y Bishop Robert H., Sistemas de Control Moderno, 10. Ed., Prentice-Hall, 2007.
- [2] Hirsch, R. (1999). Mechatronic instructional systems ball on beam system. Shandor Motion Systems.
- [3] Yu, W.; and Ortiz, F. (2005). Stability analysis of PD regulation for ball and beam system. IEEE Conference on Control Application, 517-522.

- [4] Keshmiri, M.; Jahromi, A.F.; Mohebbi, A.; Amoozgar, M.H.; and Xie, F.W. (2012). Modeling and control of ball and beam system using model based and non-model based control approaches. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 5(1), 14-35.
- [5] B. M. Hung, S. S. You, H. S. Kim, T. W. Lim. "Embedded controller building for ball and beam system using optimal control synthesis", *Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 12, No. 6 (2017) 1460 – 1474.
- [6] Leonid Reznik, "Fuzzy Controllers", Newnes, Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, 1er Ed., ISBN 0 7506 3429 4., 1997.

## BALANCE DE ENERGÍA EN UN INVERNADERO

A.L.Sánchez-Brito<sup>1</sup>, M. Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado de Ingeniería Mecánica, Centro Nacional de Desarrollo Tecnológico, Tecnológico Nacional de México, TECNM Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos.

[ana.sanchez19me@cenidet.edu.mx](mailto:ana.sanchez19me@cenidet.edu.mx)

<sup>2</sup>Departamento de Metalmeccánica, Instituto Tecnológico de Zacatepec, Tecnológico Nacional de México, TECNM, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, C.P. 62780, Zacatepec Morelos.

[minerva.vv@itzacatepec.edu.mx](mailto:minerva.vv@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos*

**Resumen:** En este trabajo se presenta un modelo térmico de un cultivo protegido. Se plantea un balance de energía básico que considera las ganancias y pérdidas en el sistema. Se discuten los tipos de invernaderos empleados y sus características estructurales.

### Introducción

México cuenta con una gran diversidad de condiciones climáticas, situación que determina condiciones ambientales favorables para una producción agrícola muy diversificada. Este factor propicia su posicionamiento como exportador a nivel mundial, además de colindar con uno de los mercados más grandes y con mayor poder adquisitivo; Estados Unidos y Canadá, con más de 400 millones de consumidores (1). En la actualidad las inclemencias ocasionadas por el cambio climático como la escasez y variabilidad del recurso hídrico y el incremento de la temperatura, afectan directamente la producción de cultivos ocasionando pérdidas económicas importantes (2) (3). Con el fin de minimizarlas se ha recurrido a aumentar las superficies de producción agrícola bajo cultivo controlado además de implementar su automatización (4). Dadas las condiciones físicas de un cultivo protegido resulta necesario el planteamiento de un modelo térmico que considere sus ganancias y pérdidas de energía para identificar que variables influyen en este tipo de sistemas térmicos. En este trabajo se plantea un balance simple con los principales incrementos y decrementos de energía en un invernadero.

### Sección Experimental y Fundamento Teórico

La radiación térmica es considerada como el mecanismo de transferencia de calor más rápido (a la velocidad de la luz  $2.9979 \times 10^8$  m/s), que a diferencia de la conducción y convección no necesita de la presencia de un medio físico que intervenga para realizar dicho proceso. Dentro del espectro de radiación que se encuentra en el intervalo entre 0.1 hasta  $100 \mu\text{m}$ . Incluye a la radiación visible (VIS), infrarroja (IR) y una parte de la radiación ultravioleta (UV) (4).

La radiación emitida en superficies reales es menor a la que emite un cuerpo negro (emisor y absorbedor perfecto de la radiación). La emisividad  $\epsilon$  se encuentra en el intervalo de  $0 \leq \epsilon \leq 1$ , donde 1 es lo más próximo y 0 lo más alejado que una superficie puede estar de llegar a convertirse en un cuerpo negro. El valor que toma la emisividad varía junto con la variación de la temperatura de su superficie y con la longitud de onda de la radiación.

La Absortividad  $\alpha$ , al igual que la Emisividad, su valor se encuentra entre el intervalo  $0 \leq \alpha \leq 1$ , donde un cuerpo negro tiene un valor  $\alpha=1$ . La absortividad representa una fracción de la cantidad de radiación incidente que es absorbida por un cuerpo. En las superficies opacas la cantidad de radiación incidente que no es absorbida, se refleja. En la Ley de Kirchhoff para radiación la emisividad y absortividad de una superficie a cierta temperatura y longitud son consideradas iguales.  $\epsilon(T)=\alpha(T)$  (4). Reflectividad  $\rho$ , de intervalo  $0 \leq \rho \leq 1$  es una propiedad bidireccional debido a que depende de la dirección de la incidencia de radiación y al mismo tiempo de la dirección de la reflexión de la misma. Debido a que la reflexión real de los rayos se presenta de una manera irregular y se genera una gran complicación en su análisis, se ha considerado que las superficies reflejan de una forma especular (en superficies lisas o pulidas), en esta consideración el ángulo de reflexión será igual al ángulo de incidencia de radiación. Para superficies ásperas se hace una aproximación a la reflexión difusa, es decir el comportamiento de los rayos reflejados se reflejará de manera similar para todas direcciones.

La transmisividad  $\tau$ ,  $0 \leq \tau \leq 1$  es la proporción de la radiación que incide sobre un cuerpo y que acaba transmitiéndose a través de él sin ser absorbida ni reflejada. Los cuerpos opacos tienen una transmisividad  $\tau$  efectivamente nula.

La convección es la transferencia de calor y masa que se origina al desplazarse un fluido. Éste mecanismo transporta energía y masa al fluir el medio en la dirección del flujo, entre una superficie sólida y un medio y viceversa. La convección es el mecanismo de transferencia de energía más eficiente que la conducción debido a que se transfiere calor en largas distancias no importando si las velocidades del fluido son muy bajas debido a su movimiento. Se considera como una combinación de conducción o difusión y un movimiento volumétrico de moléculas. La densidad del flujo convectivo puede describirse como el producto del coeficiente de transferencia de calor convectivo  $h$  y la diferencia entre la temperatura de la superficie del sólido  $T_s$  y la temperatura del fluido  $T_\infty$ . Esto es  $q=h(T_s - T_\infty)$ . En invernaderos, la convección se origina entre el aire interior y diversos componentes como la cubierta, las plantas, el suelo y equipos auxiliares que se utilicen para ventilación o calefacción y entre el aire exterior y la capa externa de la cubierta del invernadero (5).

La conducción es el mecanismo de transporte de energía en un medio en reposo. El mecanismo en sí mismo se realiza en escala molecular, sin embargo, para cálculos globales, el proceso se considera a escala macroscópica en cantidades medibles. La conducción involucra el intercambio de energía cinética a través de las moléculas o átomos entre dos distintas partes de un objeto. La energía calorífica fluye desde altas a bajas temperaturas para todos los mecanismos. En el caso de la conducción no solamente el cambio de temperatura se toma en cuenta sino también la distancia sobre la cual la temperatura cambia. La densidad de flujo se define como la cantidad de energía calorífica que se transfiere por unidad de tiempo en una dirección específica a través de una unidad de área y un gradiente de temperatura normal a la superficie y se expresa por la Ley de Fourier  $q=-k (dT/dn)_{n=0}$

donde  $k$  conductividad térmica del sólido,  $T$  temperatura y  $n$  es la dirección normal a la superficie. Donde  $q$  está dada en  $\$/m^2$

### **Invernadero**

Son estructuras en donde se tiene el control de las condiciones necesarias para el desarrollo de una planta, como la humedad, la temperatura, la radiación y la velocidad del viento, en ellos se puede adaptar el ambiente a los requerimientos del tipo de cultivo que se desea producir. En estas estructuras se asegura su desarrollo sin importar la época del año en que se siembre, pues lo protege de los fenómenos climáticos que pueden afectarlo de una forma negativa. Su funcionamiento se basa en absorber y reflejar diferentes longitudes de onda según las características que su cubierta posea, dando paso a la radiación que las plantas necesitan para su desarrollo. Atrapa energía en su interior y de esta manera calienta el ambiente que contiene impidiendo que ésta energía se pierda con las corrientes de aire convectivas y por radiación térmica.

Crea un ambiente propicio para el desarrollo de la planta de interés. Esto se logra incrementando la transmisividad de la radiación, y una ventilación adecuada, además se puede mejorar su eficiencia con la reducción del consumo energético, y con una estructura resistente que asegure un buen manejo del espacio requerido por el cultivo (6).

Los tipos de invernadero más comunes son Plano Simétrico, Plano Asimétrico, Vinería, Arco Modificado y Túnel. De acuerdo a un análisis se obtuvo que, al colocar invernaderos de diferentes tipos de estructura, con cultivos distintos y en latitudes de  $10^{\circ}N$ ,  $31^{\circ}N$  y  $50^{\circ}N$ , se concluyó que la estructura que se orientaba Este-Oeste resultaba la más adecuada para tener un índice mayor de radiación solar durante el invierno y menor en el verano, comportándose de manera similar sin importar el clima de la región y la estructura de los invernaderos (7).

La cantidad de radiación solar que recibe el cultivo va directamente ligada a la orientación del invernadero. Una buena orientación puede disminuir grandes costos de ventilación y calefacción (5).

Otro factor de suma importancia que debe tomarse en cuenta a la hora de construir un invernadero es su estructura. En México se cuenta con una Norma (8) que especifica el proceso a seguir para el diseño de invernaderos, en ella se mencionan los materiales estructurales que deben ser utilizados para la construcción en acero: perfil cuadrado o redondo de acero fabricado según norma NMX-B-009, con acero grado 30, rolado en frío. Y cubierta de material Polietileno Cal.720 tratado contra rayos ultravioleta UVII, diferentes porcentajes de sombra y color.

La temperatura afecta directamente las condiciones de crecimiento y desarrollo de la planta. Sus valores no deben ser menos de los  $0^{\circ}C$  (punto de congelación del agua) ni mayores a  $50^{\circ}C$  (valor superior a la desnaturalización de las proteínas). La planta podría soportar temperaturas más bajas por cortos periodos de tiempo, pero no temperaturas superiores a  $50^{\circ}C$ .

Tabla 1. Tipos de invernaderos (9)

Formas de invernaderos	
 <p>Plano simétrico</p>	<p>La inclinación del techo es de igual longitud y ángulo. Su diseño propicia una fácil construcción y un amplio espacio para el desarrollo de los cultivos. Es generalmente construido sobre superficies planas. Su orientación es definida de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Siendo la orientación Este-Oeste la que permite un mayor aprovechamiento para la radiación solar durante el invierno.</p>
 <p>Plano asimétrico</p>	<p>Una de sus pendientes es más larga que la otra, son usualmente usados en zonas montañosas. Su lado mayor es orientado al Sur para aprovechar al máximo la absorción de energía proveniente del sol y es construido de un material transparente. Por el contrario su lado corto orientado hacia el Norte es opaco para conservar la energía. Su construcción puede sugerir un costo más elevado debido a los requerimientos de reforzar la estructura del lado de longitud mayor.</p>
 <p>Vinería</p>	<p>Se trata de una estructura en la cual su cubierta tiene una geometría que termina en punta de forma simétrica (igual longitud y ángulo de inclinación). Y sus paredes laterales forman una pendiente. Es ideal para la evacuación del agua de lluvia y la forma es muy similar a la de plano simétrico.</p>
 <p>Arco modificado</p>	<p>La parte de la cubierta forma un arco redondeado, es decir, no involucra ángulos. Ayuda a la captación de una gran cantidad de luz. Las paredes son verticales, forman un ángulo de 90 grados con la horizontal.</p>
 <p>Tipo túnel</p>	<p>No tiene paredes rectas, es una estructura completamente curva desde el punto de fijación del suelo hasta la parte más alta del invernadero. Está compuesto por uno o varios módulos de arcos. Su forma permite alojar un volumen de aire mayor en su interior y favorece a la evacuación del agua de lluvia. Además de permitir la entrada a buena cantidad de radiación solar, permite la instalación de ventanas cenitales y laterales. Por lo regular su costo es bajo y es sencillo de montar y trasladar si así se requiere.</p>

## Resultados y Discusión

### Modelo Planteado

Un sistema se define como una región en el espacio elegida para realizar un análisis, la cual cuenta con una frontera y alrededores. Se puede considerar al invernadero como un sistema cerrado (masa de control) debido a que en él se realizan intercambios de energía, pero la masa en su interior permanece constante (10).

Para el planteamiento de la ecuación principal de balance energético presentada a continuación se consideró la primera ley de la termodinámica o principio de conservación de la energía.

$$\frac{\partial Q(t)}{\partial t} = q_{ent}(t) - q_{sal}(t) + \epsilon_{int}$$

Donde: Q= flujo térmico, t= tiempo,  $q_{ent}$ = calor que entra al sistema,  $q_{sal}$ = calor que sale del sistema,  $\epsilon_{int}$ = intercambio de energía en el interior del invernadero (11).

### Ganancias al sistema

La mayor parte de la energía que entra al sistema es proveniente de la radiación solar que incide en la cubierta del invernadero, además de las transferencias convectivas y radiación térmica, y son consideradas ganancias.

Radiación solar incidente absorbida por la cubierta:

$$I_g A_{ci} \alpha_c + I_g A_{cii} \alpha_c (1 + \tau_c)$$

Donde:  $I_g$  = Radiación normal global,  $A_{ci}$  = Área incidente de rad. solar proyectada por la cubierta en la cual la radiación entra pero no sale,  $\alpha_c$  = Absortividad de la cubierta,  $A_{cii}$  = Área incidente de rad. solar proyectada por la cubierta en la cual la radiación entra y sale,  $\tau_c$  = Transmisividad de la cubierta.

Radiación térmica emitida por la cubierta al interior:

$$\varepsilon_c \sigma T_c^4 (1 - F_c) A_c$$

Donde:  $\varepsilon_c$  = Emisividad de la cubierta,  $\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzmann,  $T_c$  = Temperatura de la cubierta,  $F_c$  = Fracción de radiación térmica reabsorbida por la cubierta,  $A_c$  = Área de la cubierta.

Ganancia convectiva al aire interior:

$$h_{ci} (T_c - T_i) A_c$$

Donde:  $h_{ci}$  = Coeficiente de transferencia de calor convectivo de la cubierta al aire interior,  $T_c$  = Temperatura de la cubierta,  $T_i$  = Temperatura del aire interior,  $A_c$  = Área de la cubierta.

Radiación térmica emitida por el suelo:

$$\varepsilon_{ss} \sigma T_{ss}^4 A_{ss}$$

Donde:  $\varepsilon_{ss}$  = Emisividad de la superficie del suelo,  $\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzmann,  $T_{ss}$  = Temperatura de la superficie del suelo,  $A_{ss}$  = Área de la superficie del suelo.

### Pérdidas del sistema

A continuación, se presentan las pérdidas o salidas de energía del sistema.

Radiación térmica emitida al cielo:

$$\varepsilon_c \sigma T_c^4 A_c - \varepsilon_{sky} \sigma T_{sky}^4 A_c \alpha_{tc}$$

Donde:  $\varepsilon_c$  = Emisividad de la cubierta,  $\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzmann,  $T_c$  = Temperatura de la cubierta,  $A_c$  = Área de la cubierta,  $\varepsilon_{sky}$  = Emisividad del cielo,  $T_{sky}$  = Temperatura del cielo,  $\alpha_{tc}$  = Absortividad de la cubierta para la radiación térmica.

Pérdida convectiva al aire exterior:

$$h_{co} A_c (T_c - T_o)$$

Donde:  $h_{co}$  = Coeficiente de transferencia de calor convectivo de la cubierta al aire exterior,  $A_c$  = Área de la cubierta,  $T_c$  = Temperatura de la cubierta,  $T_o$  = Temperatura del aire exterior.

Pérdida convectiva al suelo:

$$h_{ssi} A_{ss} (T_i - T_{ss})$$

Donde:  $h_{ssi}$  = Coeficiente de transferencia de calor convectivo de la superficie del suelo al aire interior,  $T_i$  = Temperatura del aire interior,  $T_{ss}$  = Temperatura de la superficie del suelo,  $A_{ss}$  = Área de la superficie del suelo.

Radiación solar absorbida por el suelo:

$$I_{hg} A_{ss} \tau_c \alpha_{ss}$$

Donde:  $I_{hg}$  = Radiación horizontal global,  $A_{ss}$  = Área de la superficie del suelo,  $\tau_c$  = Transmisividad de la cubierta,  $\alpha_{ss}$  = Absortividad de la superficie del suelo.

### Intercambios de energía dentro del sistema

Se consideraron las interacciones entre el cultivo y el aire interior del invernadero como intercambios internos de energía.

Radiación térmica emitida por el cultivo:

$$\varepsilon_{cu}\sigma T_{cu}^4 A_{cu}$$

Donde:  $\varepsilon_{cu}$  = Emisividad del cultivo,  $\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzmann,  $T_{cu}$  = Temperatura del cultivo,  $A_{cu}$  = Área del cultivo.

Transpiración:

$$h_{cu}A_{cu}(T_{cu} - T_i)$$

En la Figura 1. Se presenta las distintas ganancias y pérdidas en un invernadero.

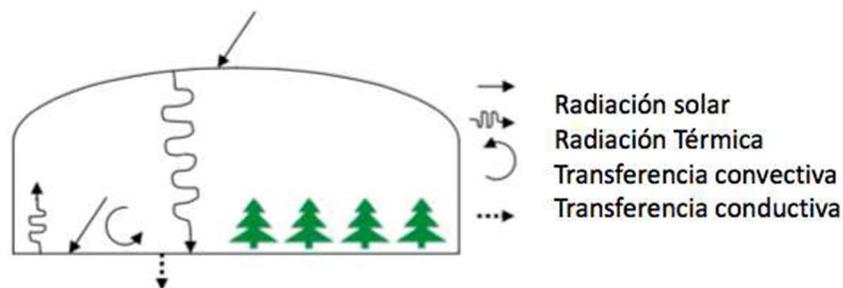


Figura 1. Ganancias y pérdidas de energía en un invernadero (12).

### Conclusiones

En México los grupos de investigación que laboran en la modelación térmica de invernaderos es limitado. La información acerca del cultivo de plantas ornamentales, medicinales y plantas en peligro de extinción en invernaderos es todavía más escaso comparado con otros cultivos como los utilizados en la industria alimenticia. Al realizar una búsqueda más extensa abarcando estudios realizados en otros países se observó que los parámetros que deben ser tomados en cuenta dependían de factores ligados a la planta en particular. Se lograron identificar variables comunes con las que se pueden plantear modelos generales para posteriormente ser aplicados, ingresando las variables específicas del cultivo. Dependiendo de la ubicación geográfica de la región se debe elegir el tipo de estructura más conveniente, pues ésta determina la cantidad de radiación solar que será aprovechada por el cultivo y es una de las variables más importantes que debe ser tomada en cuenta para su crecimiento. La cantidad de luz, temperatura y humedad que reciben son factores determinantes en el mismo. El balance de energía en el invernadero varía dependiendo de la interacción con el medio en que se desarrolla la planta, es decir, el intercambio de calor que se lleva a cabo entre el suelo, cubierta, aire interior y exterior, muros, equipo auxiliar, el cultivo mismo, su interacción con otros seres vivos, la etapa de crecimiento en la que se encuentre, entre otros. La complejidad y precisión dependerá del número de parámetros que

se deseen tomar en cuenta. Es fundamental seleccionar y realizar un análisis detallado del cultivo para determinar, considerar y omitir los intercambios de energía del modelo térmico a plantear.

## Referencias

1. J. Narvaez-Narvaez. *Sistema de cultivos en México*, SAGARPA, México, 2015.
2. J. Martínez; A. Fernández-Bremauntz. *Cambio Climático: una visión desde México*, SEMANAR, México, 2016.
3. C. Conde. *México y el cambio climático*, SEMANAR, México, 2016.
4. C. Cengel; A. J. Ghajar. *Transferencia de Calor y Masa*, McGraw Hill, México, 2011.
5. K. Maslak. *Licentiate thesis*, Swedish University of Agricultural Science, 2015.
6. J.C.L. Hernández; J.Parra, *Journal of CIPA*, 2006,125, 8.
7. V.P.Sethi; *Solar Energy*,83, 2009. 21.
8. NMX-E-255-CNCP-2008.
9. A.L.Sanchez-Brito. *Licenciatura*, Instituto Tecnológico de Zacatepec, 2019.
10. C. Cengel; A. Boles. *Termodinámica*, McGrawHill, Sao Paulo, 2006.
11. C. Carlini; S. Castellucci, *Mathematical Problems in Engineering*, 2010.1.
12. R. Singh; G. Tiwari. *Energy*, 2010, 35 ,2367.

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL AMATE

**E. Gonzaga-Licona<sup>1</sup>, G. Castillo-Quiroz<sup>1</sup>, B. La Mitad-Santos<sup>1</sup>, I. Reyes-León<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango-  
[goleon37@hotmail.com](mailto:goleon37@hotmail.com), [gcquiroz1977@gmail.com](mailto:gcquiroz1977@gmail.com), [bernardolms14@gmail.com](mailto:bernardolms14@gmail.com),  
[ingivanreyes\\_tec@hotmail.es](mailto:ingivanreyes_tec@hotmail.es)

Av. Tecnológico No. 80, Col. 5 de octubre, Huauchinango, Puebla, México. C.P. 73160. Teléfono:  
(776) 762 5250

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** Actualmente la posibilidad de generar prototipos y máquinas que faciliten el trabajo y las tareas de las personas ha sido de gran ayuda en la industria en general. Obteniendo así de una manera más sencilla la transformación de tareas y actividades cotidianas, permitiendo a productores de comunidades indígenas a mejorar el ingreso económico de sus familias. En el Pueblo Otomí de San Pablito perteneciente al municipio de Pahuatlán en la Sierra Norte de Puebla, la fabricación de artesanías a base de papel es una actividad primordial, el cual es elaborado de la corteza del árbol del jonote (*Trema micrantha*) que se utiliza para elaborar una artesanía muy popular: el papel amate. En este artículo se propone un diseño y construcción de un sistema nuevo en su tipo para la fabricación del papel amate mediante la automatización de los diferentes procesos para el tratamiento adecuado al jonote para obtener la materia prima. Para la automatización de los procesos del sistema se ubican cinco estaciones de trabajo, las cuales se complementan una a la otra. Este prototipo responde a señales analógicas y digitales ocupadas para su control, diseñado y armado dentro de una posibilidad económica promedio, al ser un prototipo secuencial se necesitó un gran equilibrio en tiempos y movimientos de la misma.

## Introducción

El árbol del jonote crece en muchos lugares de México y otros países. El jonote (*Trema micrantha*) tiene troncos rectos y una copa amplia con suficiente follaje que ofrece buena sombra para las plantas de café. Sus hojas son alargadas, pequeñas y suaves, sus flores son blancas, pequeñas y salen agrupadas. Los frutos son muy abundantes, se presentan como drupas muy pequeñas que al madurar se tornan de color rojo y que a los pájaros les gustan como alimento (véase Figura 1).



**Figura 1.** Árbol de jonote.

En la Sierra Norte de Puebla, la corteza de estos árboles se utiliza para elaborar una artesanía muy popular: el papel amate producido por los artesanos ÑaÑhu-Otomí del pueblo de San Pablito perteneciente al municipio de Pahuatlán (véase Figura 2). Algunos árboles son descortezados y quedan en pie para usarse eventualmente como cercas o para leña, en algunas comunidades llegan a fabricar

puertas con su madera. En esta actividad de obtener la corteza de jonote participan pobladores de localidades que pertenecen al municipio de Pahuatlán, Tlacuilotepec y Tlaxco entre otros.



**Figura 2.** Corteza de árbol de jonote.

El papel amate, tiene su origen en México en la época prehispánica, el amate no solo se utilizó para la elaboración de códices también se han encontrado en ofrendas prehispánicas arqueológicas. Más tarde se desarrolló como una artesanía y posteriormente como fomento al turismo (véase Figura 3).



**Figura 3.** Papel amate.

Ante la insuficiencia de recursos económicos provenientes de la actividad agrícola, los habitantes de San Pablito (Véase Figura 4) fueron privilegiando la elaboración de papel amate como medio de supervivencia económica, siendo el árbol de jonote (género ficus) su principal materia prima. Esta actividad pronto se convirtió en la más redituable para los otomíes de la Sierra Norte de Puebla.



**Figura 4.** Comunidad indígena Otomí San Pablito, Pahuatlán, Puebla

El papel amate es un tipo de papel de origen prehispánica de Mesoamérica, se realiza de modo artesanal, su proceso de producción comienza desde que escogen la corteza del árbol jonote, se hierve, enjuaga, seca, trabaja y se decora con tintes naturales. Su demanda, se incrementó de manera exponencial, pues no sólo debían abastecer a pintores del estado de Guerrero y en otros estados de la república mexicana, también debían cubrir la demanda de hojas para su comercialización en el extranjero. Al no hacer uso de maquinaria dentro del proceso de elaboración, las personas sufren problemas de salud, con una maquina nueva en su tipo se acelera y agiliza el proceso del papel amate, obteniendo como beneficios más ganancia con menos esfuerzo y menos repercusiones hacia la salud de los productores.

La producción de papel amate, conseguido a partir de las cortezas de los jonotes blanco y rojo, contamina el medio ambiente de la comunidad San Pablito de Pahuatlán, cuya actividad económica principal se centra en la venta de esta artesanía. Y es que, según el estudio "Sustentabilidad del sistema de papel amate en San Pablito, Pahuatlán, Puebla", publicado este año por Colpos Campus Montecillo, el proceso de fabricación no cumple algunos requisitos de protección ambiental.

La fabricación del papel amate es totalmente artesanal (véase Figura 5), las personas se ven en la necesidad de trabajar jornadas exhaustivas para poder vender el producto y tener un sustento económico, siendo también un factor importante el tiempo de realización del papel de aproximadamente dos días, y tomando en cuenta la salud de las personas exponiéndose a varios factores como son la exposición al fuego durante varias horas al poner a hervir el Jonote (materia prima) y el machacado de la materia prima con una piedra volcánica de aproximadamente  $\frac{1}{2}$  kg. Para solventar los problemas mencionados, y en base a los procesos, se diseñó un prototipo el cual aparte de acelerar el proceso también tiene como objetivo el automatizar la producción eliminando en un 90% la mano de obra para su fabricación. Además de reducir los problemas físicos que puede sufrir una persona dedicada a esta actividad productiva. Dicho sistema es económico para que pueda ser adquirido por la comunidad.



Figura 5. Elaboración de papel amate.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

El sistema consta de 5 estaciones las cuales le darán el tratamiento adecuado al jonote para obtener la materia prima adecuada para el papel amate (véase Figura 6).

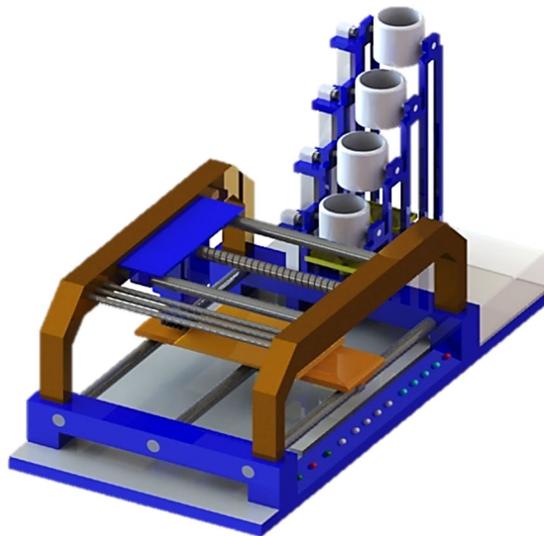


Figura 6. Diseño en CAD del sistema

A continuación, se describe cada una de las estaciones:

- Estación 1: Cocción del jonote

En esta estación se someterá la corteza del jonote a una temperatura aproximada a los  $104^{\circ}$  C durante 30 minutos, tiempo suficiente para que la materia prima obtenga las propiedades adecuadas. Por medio de una boquilla dispuesto al inicio del proceso adaptado para que el fuego de éste cubra la parte inferior del recipiente, con la bomba de agua (agua de lluvia reciclada) se llena el recipiente en un 35% de su capacidad y con un dispensador se añade ceniza de madera. Al terminar la cocción un motor gira el recipiente a  $100^{\circ}$  aproximadamente, para poder pasar a la siguiente estación, dicha estación define una entrada y una salida de producto.

- Estación 2: Enjuague de la materia prima

En esta estación se someterá la materia prima obtenida en la estación 1, de 3 a 5 enjuagues para quitarle los residuos de la materia prima que pueda tener, por medio de una rejilla en el fondo del recipiente es como se drena los residuos y por medio de un embudo y mangueras de agua, los residuos se almacenan en un contenedor para un subproceso. Por medio de un motor que hace girar al recipiente a 100°, deposita en el siguiente recipiente la materia prima ya enjuagada.

- Estación 3: Blanqueado de la materia prima

En esta estación la materia prima previamente enjuagada es blanqueado con cloro y agua, durante un determinado tiempo (entre más tiempo se somete la materia prima al blanqueado, es mejor la decoloración obtenida) con cuidado de no excederse de los 40 min para que no se dañe el jonote. Este proceso es opcional dependiendo del pedido del cliente, por medio de bombas, el cual contiene cloro y agua de lluvia, es depositado en el recipiente junto con la materia prima, misma que se blanquea con la mezcla de las sustancias. El proceso varía dependiendo del acabado del papel que se desee adquirir, en término medio es de 15 a 20 min y en termino blanco es entre 30 y 45 min aproximadamente. Para poder pasar a la siguiente estación el recipiente es rotado a 100° con la ayuda de un motor, se puede conseguir un terminado medio (Papel Amate Pinto) y un terminado blanco (Papel Amate Blanco).

- Estación 4: Drenado del residuo de blanqueado

En esta estación se drena el residuo de cloro para su neutralizado con una base, el recipiente cuenta con una rejilla de filtrado de líquido en la parte inferior, un embudo y una manguera donde se drena el residuo para darle un tratamiento adecuado de neutralizado, así mismo se puede reutilizar el cloro como una tinta inversa para el decorado del papel amate. Con la bomba se enjuaga por última vez para poder pasar a la última estación, el recipiente es rotado a 100° y la materia prima pasa a la siguiente estación.

- Estación 5: Aplanado para darle forma la hoja

En esta estación el jonote previamente blanqueado es colocado en una plataforma móvil el cual cuenta con una placa en donde se llevará a cabo el machacado de la corteza de jonote. La plataforma se mueve por medio de un motor con un husillo con cuerda apoyado con soportes, posicionado por debajo del dispositivo de aplanado, la materia prima es machacado con un cabezal que cuenta con una delgada placa de piedra volcánica (piedra utilizada en la forma artesanal para el machacado), pasando a la aplanadora el cual le dará la forma de hoja con la ayuda de una leva. Después del aplanado la plataforma se mueve alejándose del dispositivo para que posteriormente el papel se seque de forma natural con el sol, la plataforma vuelve hasta su posición inicial con el apoyo del motor para poder iniciar nuevamente con el proceso.

La caja de circuito funciona para el control de la maquina energizando y controlando la función de cada pieza automática, posicionada en la parte inferior del soporte de estaciones, donde está dispuesta el chasis, estación de cocción, estación de drenado de tinta, estación de blanqueado, estación de neutralizado de cloro, dispositivo de aplanado, cabezal de aplanado, bomba de agua, motor rotatorio, motor de giro continuo y plataforma.

La programación de la máquina para papel amate, realizado mediante un software orientado a diagrama de flujo con un enfoque hacia los microcontroladores PIC'S. Funciona para dar inicio a la programación, posicionada al inicio del diagrama de flujo, donde está dispuesta el inicio de LCD, cambio de reglón, demora, inicio de bucle, declaración de entrada, declaración de decisión y el fin del bucle o del programa.

Los componentes electrónicos son en parte principal para la función adecuada y el control de la máquina. El PIC 16f877A, control inicial de todo el sistema, también conocido como PIC Maestro el sistema utiliza el PIC 16F877A , posicionado en la parte central del circuito de control, donde está dispuesto el PIC 16F84A, sensor de temperatura, pantalla LCD, puente H y motores eléctricos.

El control del sistema, se compone de 2 tipos de microcontroladores PIC16f877A, PIC16f84A los cuales por sus composiciones hacen el trabajo de programación más fácil. Consta de 4 PIC'S 16f84A, su función es de un driver cada uno a los 4 motores en cuestión y que a su vez son accionados por finales de carrera para una mayor precisión en el movimiento de vaciados. Cada PIC16f84A es un driver a cada motor, y también son utilizados como PIC'S SLAVE (Esclavo), el control inicial de todo es el PIC 16f877a, el cual es llamado PIC MASTER (Maestro). Ya que sin el PIC MASTER, no habría función no haría la función en cuestión. La lógica que se tomó para dar pie al circuito es de electrónica digital, la cual hace más fácil la distribución de órdenes, que se dan es en unos y ceros (1,0). Esto da mayor viabilidad al proyecto para futuros cambios, adiciones y configuraciones a la programación.

Las ventajas técnicas que presenta la invención descrita son, acelerar el proceso, teniendo como objetivo la automatización de la producción para la elaboración del papel amate. Además de reducir los problemas físicos que puede sufrir una persona que se dedica a esta actividad productiva.

Con este sistema se pretende además atacar varios indicadores importantes:

- Productividad
- Beneficios y costos
- Volumen de producción
- Consumo de agua
- Contaminación ambiental

## Resultados y Discusión

Analizando los beneficios sobre la implementación de este sistema, el comportamiento del prototipo idóneo para seguir con los siguientes pasó, el prototipo actualmente se encuentra en un cierto porcentaje de su automatización ya que la búsqueda de materiales ha sido en gran medida la dificultad de conseguir.

Siendo un prototipo inicial se espera que en cuestión de tiempo se tenga un avance más concreto y de ser posible tenerlo terminado para poder dar la implementación en la comunidad donde se realiza el papel amate.

Entre las restricciones que podemos tomar en cuenta que el prototipo no cuenta con un desplazamiento así que como opción inmediata se quedará en un lugar fijo para seguir trabajando en él.

Como recomendación se sugiere que el diseño se puede reestructurar haciéndolo más pequeño o más grande según sea la necesidad del tamaño de la hoja, teniendo la posibilidad de realizar más aportaciones en la innovación de la misma. El prototipo se puede volver en su totalidad neumático, el cual tendría una mayor durabilidad y que no se logró en esta versión pues el costo de actuadores, válvulas y compresor que se ocuparían, están lejos de un presupuesto económico para los fabricantes del papel amate.

## Conclusiones.

Se diseñó y se manufacturó el prototipo, el cual es único en su tipo que respeta el mínimo detalle los procesos artesanales para la fabricación del papel amate. Las mejoras del prototipo en un futuro se basarán en el estudio y análisis de los materiales.

Por medio del sistema se obtiene una reducción del desperdicio del agua, así como los residuos que se generan en el proceso de elaboración, debido que el sistema controla la cantidad de agua que entra al proceso y la cantidad de residuos que genera con cierta cantidad de materia prima.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este trabajo

## Referencias

1. M. Villegas. (2017). Dibuja y pinta en papel amate. About Español Sitio web: <https://www.aboutespanol.com/dibuja-y-pinta-en-papel-amate-2287923>
2. National Academy of Sciences. 1980. "Trema species", Firewood Crops. Shrub and Tree Species for Energy Production. Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation Board of Science and Technology for International Development Commission on International Relations: 68-69.

3. C. López, (1992). El papel amate, Sagrado, Profano, Proscrito, Revista Ciencias Sitio web: <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/177-revistas/revista-ciencias-28/1710-el-papel-amate-sagrado,-profanado,-prescrito-2.html>
4. Fuentes M. Janet, Jiménez a. Jiménez, García J. Luis, Casmal I. (2015), Evaluación de sustentabilidad del sistema de papel amate, revista mexicana de ciencia agrícola.
5. Informática Moderna. (2016). La inyección de tinta. 2018, de Informática Moderna Sitio web: [http://www.informaticamoderna.com/Impresoras\\_de\\_inyec.htm](http://www.informaticamoderna.com/Impresoras_de_inyec.htm)
6. D. García, A. Quintanar, (2012), Guía característica del uso de la madera de jonote, ISBN: 978 607 6001 4.
7. C. López, (2004). Amate, papel de corteza mexicano. Nuevas estrategias de extracción para enfrentar las demandas de mercado. 2018, de Researchgate Sitio web:  
[https://www.researchgate.net/profile/Citlalli\\_Lopez2/publication/277817108\\_Amate\\_papel\\_de\\_corteza\\_Mexicano\\_Trema\\_micrantha\\_L\\_Blume\\_Estrategias\\_de\\_extraccion\\_de\\_corteza\\_para\\_enfrentar\\_la\\_demanda/links/5575226a08aeacff1fcc4db/A-mate-papel-de-corteza-Mexicano-Trema-micrantha-L-Blume-Estrategias-de-extraccion-de-corteza-para-enfrentar-la-demanda.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Citlalli_Lopez2/publication/277817108_Amate_papel_de_corteza_Mexicano_Trema_micrantha_L_Blume_Estrategias_de_extraccion_de_corteza_para_enfrentar_la_demanda/links/5575226a08aeacff1fcc4db/A-mate-papel-de-corteza-Mexicano-Trema-micrantha-L-Blume-Estrategias-de-extraccion-de-corteza-para-enfrentar-la-demanda.pdf)

# SELECCION DE TÉCNICA DE FILTRADO PARA LA DISOCIACIÓN DE COLOR DEL LIMÓN PERSA DE EXPORTACION USANDO RASP BERRY PI 3B

A. Carrasco Aráoz<sup>1</sup>, A. Esteban<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Area de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán  
[troyano420@gmail.com](mailto:troyano420@gmail.com) , [adanestebanh@gmail.com](mailto:adanestebanh@gmail.com)

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** En el presente trabajo, se muestra una aplicación OpenCV, implementada en una SBC (Single Board Computer), para el desarrollo del proyecto se eligió una Raspberry Pi 3 de como herramienta para la disociación del color característico del limón de exportación hacia el Japon. En el desarrollo se muestra, la valoración y selección de uno de los múltiples filtros digitales en imágenes. Por su uso en la reducción del ruido gaussiano e impulsivo presente en la etapa de adquisición. El acondicionamiento de un ambiente controlado se llevó a cabo con una caja de color interno gris aislada de la luminosidad externa, la iluminación interna es controlada por PWM. Para realizar el estudio se utilizaron de exportación de calibre 250 fue posible aproximar el color en el modelo HSV. Para evaluar los filtros, utilizamos las métricas de error cuadrático medio, PSNR y tiempo de ejecución, que concluyeron que el filtro gaussiano es el más adecuado para la implementación con un MSE de 46.99, un PSNR de 36.18 dB, un tiempo de ejecución de 35.8 ms con un Velocidad final de 12.96 (13) FPS.

## Introducción.

Desde la invención de la computadora, la tecnología se ha vuelto cada vez más capaz de desarrollar actividades que son repetitivas, peligrosas o difíciles para el ser humano, los sistemas autónomos están cobrando su peaje en la industria, incluso en hogares como limpiadores de pisos, relojes de alarma, por mencionar algunos.

La visión artificial es muy habitual en este tipo de sistemas, les ayuda a visualizar e identificar obstáculos, zonas de "peligro", e incluso a reconocer patrones de objetos, colores o caras. Sin embargo, al igual que cualquier signo de la naturaleza en el momento de la conversión del mundo analógico al mundo digital pierde información y se agregan anomalías y ruido. Esta información agregada o perdida es perjudicial para el análisis en la búsqueda de color, ya que los datos recopilados no corresponden a la realidad.

El presente trabajo se enmarca en el marco del proyecto "Automatización del proceso de preselección de Citrus Latifolia Tanaka aplicando la visión artificial", mediante el cual se desarrolló un algoritmo de programación basado en la segmentación de la imagen utilizando OpenCV 3.0.0 [1] y El lenguaje de programación Python en su versión 2.7 como herramientas, implementado en una Raspberry Pi 3 de SBC (Single Board Card) con SO Rasbian Stretch; con el fin de aislar el color característico del limón mexicano de exportación, además de mostrar la aplicación y selección de uno de los 6 tipos diferentes de filtros que permiten eliminar el ruido que se puede agregar en el proceso de adquisición de cada cuadro de video.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

La calidad de la transmisión de TV / video se ve afectada por muchos factores, particularmente para cada cuadro de video, la solución propuesta por F. Gallegos, V. Ponomaryov, O. Pogrebnyak y L. Niño de Rivera [2] es el uso de filtros R y M robustos además del filtro de algoritmo KNN (K-Nearest Neighbors) para eliminar el ruido impulsivo y preservar los detalles.

Mencionan que los filtros lineales son eficientes para eliminar el ruido gaussiano, pero tienen un rendimiento deficiente antes del ruido impulsivo. Por eso, eligen probar con filtros no lineales, ya que están diseñados para suprimir el ruido de diferente naturaleza (gaussiano, multiplicativo, etc.), pueden eliminar el ruido impulsivo y pueden preservar contornos y detalles finos.

En la tesis de JL Valera Benítez [3], menciona que los filtros no lineales han dominado la investigación en las últimas décadas y en esta categoría los de Orden Estadístico han presentado propiedades notables en la supresión de diferentes tipos de ruido y en la preservación de detalles. En su obra la combinación de los 3 filtros no lineales: el filtro R (de Rango), el filtro L (de combinaciones lineales) y el filtro M (de Probabilidad máxima), observa que los filtros R tienen un buen rendimiento al eliminar el ruido impulsivo, los filtros M funcionan mejor con el ruido multiplicativo, y el filtro L funciona mejor para la combinación de ruido impulsivo y multiplicativo, por lo que buscó obtener las ventajas que ofrecen estos filtros en el nuevo desarrollo.

El trabajo anterior habla sobre la eliminación del ruido en imágenes monocromáticas en escala de grises, la diferencia entre ellas y lo que mencionan AJ Echeverri Arias, JE Rudas Castaño, R. Cuello Toscano y R. Padilla Ballesteros [4] en el informe para la eliminación del ruido impulsivo en imágenes en color se utilizan interpoladores con funciones de base radial. El método para identificar un píxel ruidoso se basa en la diferencia entre su intensidad y la media de las intensidades de la máscara de color está por encima de un umbral alfa definido como la diferencia entre la media y la mediana de la ventana.

Con respecto a la disociación de color, C. Arriagada García y D. Aracena-Pizarro [5] enfatizan el uso del modelo de color HSV y solo trabajan en la búsqueda de señales de tráfico con detección de color que implica "Coincidencia jerárquica" que coincide con información de entrada y modelo predefinida, como puntos de borde o patrones

### Métodos

A. Adquisición de imágenes físicas.

Para adquirir las imágenes se utiliza una caja con interior gris, totalmente aislada de la luz externa de dimensiones 30 cm x 40 cm x 30 cm, que incluye canales para la transición de los limones en su interior a una altura de 8 cm por encima de la pared. La guía tiene una inclinación comprendida entre 6° y 8° de inclinación, una cámara VGA genérica con resolución 640x480 con conexión USB, ubicada en la parte superior de la caja entre tres puntos de iluminación con 3 LED ultra brillantes conectados en paralelo como se muestra en la figura 1. Para la medición de la cantidad de luz necesaria dentro de la caja se utilizó luxómetro: marca LTLutron YK-10LX, serie: Q294255 [6] y un control PWM con un Arduino Mega para la modificación de la intensidad.



Figura 1. Posición de la cámara y puntos de iluminación

### B. Requisitos para las pruebas de algoritmos

Las primeras pruebas se realizaron en una computadora con 2.67 GHz de procesamiento y 4 GB en RAM usando el IDE Pycharm Community, luego se migró a una SBC (Single Board Computer) de Raspberry Pi 3 versión B, con la siguiente secuencia de configuración: instalación de Sistema operativo (Raspbian Stretch), configuración de acceso sin periféricos mediante dirección IP fija (conexión SSH y VNC [7]), actualización de repositorios e instalación de actualizaciones de sistema operativo, actualización e instalación de controladores de imagen y video, creación de dispositivos virtuales. espacio para Python 2.7, instalación de bibliotecas (Numpy), compilación e instalación de OpenCV 3.0.0 y migración de datos, finalmente fue necesario trabajar con 100 Limones de exportación de calibre: 250 (52 mm).

### C. cuantificadores de rendimiento del filtro

Estamos buscando un filtro con una velocidad de ejecución aceptable para lograr una fluidez en la implementación del algoritmo, por lo que la metodología para medir el tiempo de ejecución se basa en la adición de etiquetas con el módulo de tiempo de Python (`time`), obtener 10 tiempos de ejecución y generar un promedio.

Según J. S. Blanes y J. L. Gorricho [8], la calidad de una señal transformada ( $f$ ) con respecto a la señal de origen ( $g$ ) se puede determinar con una evaluación de error. El MSE (error cuadrático medio) y el PSNR (relación de señal pico a ruido) utilizados ampliamente en estos entornos.

Al tener imágenes de ancho  $x$  y altura  $y$  y donde  $MAX$  es el valor máximo que puede tomar un píxel, MSE y PSNR se pueden calcular como:

$$MSE = \frac{1}{(xy)} \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y (f(i,j) - g(i,j))^2 \quad (1)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{MAX^2}{MSE} \right) \quad (2)$$

Los pequeños valores de MSE indican una gran correlación entre la señal original y la transformación, ya que indica una menor cantidad de error. Los valores típicos de PSNR, que se miden en decibelios (dB), están entre 30 dB y 50 dB. Cuanto mayor sea la métrica, mayor será la calidad de la imagen.

D. Aproximación a la gama de color limón de exportación con OpenCV.

En la separación del color del limón se utiliza el modelo HSV, por lo que se realiza una conversión entre modelos de RGB a HSV. De esta manera puede aprovechar características como la invariabilidad del tono. Usando la herramienta "ColorPicker" de PyCharm Community, el control sobre el ancho del pulso de la iluminación y 240 fotografías tomadas para exportar limones en condición estática y dinámica permitieron identificar los valores aproximados de color en la superficie del limón. De este modo, se puede generar un intervalo de búsqueda, que solo admite valores cercanos a los valores identificados.

Para hacer esto en OpenCV y Python se generan rangos usando 2 matrices de 1x3; el primero para los valores mínimos y el siguiente para los valores máximos del intervalo. La escala que se usa en OpenCV para el tono es de 0 a 179, para los siguientes dos valores de saturación y valor son de 0 a 255. Por lo tanto, su relación con los valores habituales (0-360 °, 0 -100%, 0- 100%).

E. Filtros a valoración.

OpenCV ofrece varias posibilidades de procesamiento de imágenes, como filtros lineales, no lineales y suavizados de imágenes con intensidad de reducción de ruido y conservación de bordes. Los filtros que se utilizarán son: filtro bilateral, filtro con núcleo gaussiano (gaussianBlur), filtros de caja (desenfoque) y su equivalente con la caja estándar (boxFilter) para probar el tiempo de ejecución, filtro de convolución con el núcleo específico (filtro2D) y el filtro de mediana ( medianaBlur).

## Resultados y Discusión

A. Ajuste de intervalos e intensidad de iluminación.

Los primeros parámetros para el intervalo de búsqueda que se utilizaron fueron: 60 ° a 180 ° para el tono (H), cubriendo desde amarillo (60 °) hasta cian (180 °) incluyendo verde dentro del rango (120 °), y 50 a 100 % para los siguientes parámetros (Saturación y Valor), con poco efecto (consulte la Figura 2 (a)), estos a su vez en OpenCV serían (30-85, 128-255,128-255).

Los siguientes ajustes se realizaron de acuerdo con los valores identificados por medio de "ColorPicker", variaciones de intensidad de iluminación y fotografías. Así que la gama de aproximación al color era cada vez más aceptable.

Los siguientes parámetros fueron: (70-180 °, 5-100%, 25-100%) Figura 2 (b) y (70-210 °, 5-100%, 20-100%) observados en la Figura 2 (c) y (d).

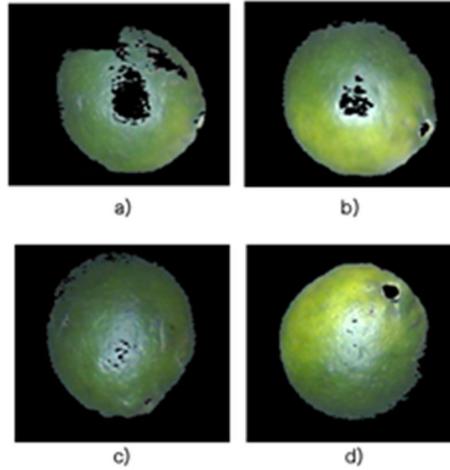


Fig. 2: Pruebas de búsqueda de parámetros de color a) ( $H = 60^\circ - 180^\circ$ ,  $S = 50-100\%$ ,  $V = 50-100\%$ ) b) ( $H = 70-180^\circ$ ,  $S = 5-100\%$ ,  $V = 25-100\%$ ) c) y d) ( $H = 70-210^\circ$ ,  $S = 5-100\%$ ,  $V = 20-100\%$ )

### B. intensidad de luz

Teniendo la iluminación óptima, se hace una prueba del comportamiento del control lumínico, la medición en luxes se continúa durante 60 minutos, dando como resultado la curva (Figura 3):

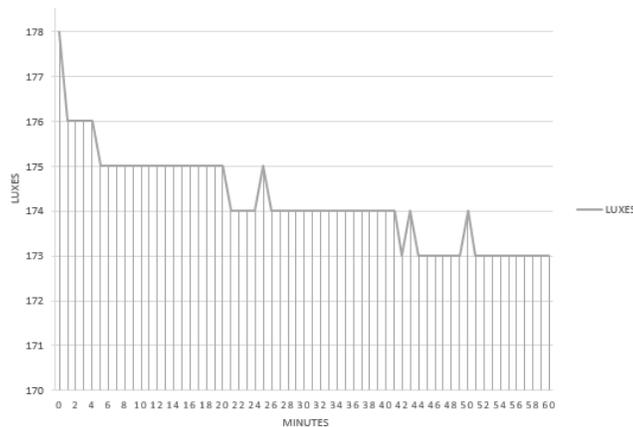


Fig. 3: Curva de iluminación

La lectura promedio es de 174 luxes, que debe mantenerse para el correcto funcionamiento del filtrado.

### C. Clasificación del rendimiento del filtro



Fig. 4: Imagen de limón dentro de la caja.

La figura 4 es el resultado del acondicionamiento físico en la adquisición de imágenes. Los rastros de ruido gaussiano se rescatan a lo largo de la fotografía, sin embargo, al realizar un acercamiento más profundo, se observan pequeños puntos blancos y negros (ruido impulsivo) en los contornos del limón (Figura 5 (a)).

Cuando se realiza una aplicación de prueba a la fotografía utilizando los 6 filtros, se muestra una similitud en la reducción de ambos tipos de ruido, la imagen de la Figura 5 (b) muestra el resultado de aplicar el filtro de la mediana con la ventana 5x5, resultado similar a otros filtros



a)



b)

Fig. 5: a) Aproximación al contorno del limón b) Acercamiento al contorno del limón con el filtro de la mediana

Usando la Raspberry Pi 3, las métricas y la adición de marcas para la medición de tiempos, obtenemos la tabla 1 con los resultados de la aplicación de cada uno de los filtros a la misma imagen, desde el mismo directorio usando una ventana de 5x5 en cada caso.

TABLA I. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL FILTRO

	Filtros	PSNR (dB)	MSE	Tiempo de ejecución promedio (ms)
1	Filtro Biilateral	50.61	1.69	56.8
2	Filtro blur	33.96	78.37	21.1
3	boxFilter	33.96	78.37	20.2
4	gaussianBlur	36.18	46.99	35.8
5	filter2D	33.96	78.37	89.5
6	medianBlur	34.29	72.47	168.8

## Conclusiones

La disociación de color del limón de exportación se refiere a la aproximación más cercana al color de limón real, en los rangos de modelo de HSV, la combinación de una buena iluminación (174 luxes promedio) y la búsqueda de valores de parámetros con la base de 240 fotografías del color de los limones utilizados, fueron satisfactorios. Sin embargo, se encontró que si la intensidad de la luz aumenta o disminuye, la disociación del color se ve afectada.

La Tabla 1 muestra que las filas 2, 3 y 5 tienen las mismas características con valores bajos en términos de calidad de imagen restaurada; sin embargo, cambia en los tiempos de ejecución, el filtro Bilateral muestra una gran correlación entre la imagen original y restaurada con solo 1.69 de Error cuadrático medio y un buen desempeño en PSNR con 50.61 dB, sin embargo, el tiempo de ejecución es de 56.8ms. El filtro mediano se mantiene muy por debajo del bilateral con un tiempo de ejecución muy largo y una baja calidad de imagen

Se puede observar que el filtro gaussiano tiene una alta velocidad de ejecución, con un MSE de casi 47 y un PSNR de 36.18 dB, por lo que se considera junto con el filtro bilateral la posibilidad de implementarse. Vale la pena mencionar que la cámara funciona en el SBC con un aproximado de 17.52 (18) FPS, al probar, el filtro gaussiano junto con el algoritmo de disociación, obtenemos una velocidad de 12.96 (13) FPS y con el filtro bilateral obtenemos 6.74 (7) FPS, por lo tanto, obtenemos la conclusión de que el filtro más adecuado para la implementación en el algoritmo para la disociación del color del limón de exportación en una Raspberry Pi 3 es el filtro gaussiano.

## Referencias

[1] "Image Filtering — OpenCV 3.0.0-dev documentation," 2010. [Online]. Available: <http://docs.opencv.org/3.0-beta/modules/imgproc/doc/filtering.html#>. [Accessed: 31-Aug-2017].

[2] F. Gallegos, V. Ponomaryov, O. Pogrebnyak, and L. Niño de Rivera, "Filtros Robustos RM-KNN con Diferentes Funciones de Influencia para Supresión de Ruido Impulsivo en Imágenes Digitales," México, 2003.

- [3] J. L. Valera Benitez, "Filtro De Orden Estadístico Para Supresión De Ruido En Imágenes Digitales," Instituto Politecnico Nacional, 2006.
- [4] A. J. Echeverri Arias, J. E. Rudas Castaño, R. Cuello Toscano, and R. Padilla Ballesteros, "Eliminación de ruido impulsivo en imágenes a color , utilizando interpolación con funciones de base radial," 2011.
- [5] C. Arriagada Garcia and D. Aracena-Pizarro, "Detección Y Reconocimiento De Señales De Transito Utilizando Matching De Chamfer," vol. 15, pp. 174–184, 2007.
- [6] LT-Lutron, "LUTRON ELECTRONIC ENTERPRISE CO., LTD." [Online]. Available: [http://www.lutron.com.tw/ugC\\_ShowroomItem\\_Detail.asp?hidKindID=1&hidTypeID=37&hidCatID=&hidShowID=246&hidPrdType=&txtSrhData=](http://www.lutron.com.tw/ugC_ShowroomItem_Detail.asp?hidKindID=1&hidTypeID=37&hidCatID=&hidShowID=246&hidPrdType=&txtSrhData=). [Accessed: 13-Oct-2017].
- [7] REALVNC, "Software de acceso remoto para equipos de escritorio y dispositivos móviles | RealVNC." [Online]. Available: <https://www.realvnc.com/es/>. [Accessed: 13-Oct-2017].
- [8] J. S. Blanes and J. L. Gorricho, "Técnicas de Evaluación de la Calidad de la Imagen. Tendencias y métricas basadas en Bordes.," UPC. 2010. M. Young, The Technical Writer's Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

# DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ENSAYOS DE TORSIÓN EN METALES

J.E. Ruiz Ramírez<sup>1</sup>, O. Sarmiento Martínez<sup>1</sup> y C. A. Segura Brito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[jose.rr@itzacatepec.edu.mx](mailto:jose.rr@itzacatepec.edu.mx), [oscar.sm@itzacatepec.edu.mx](mailto:oscar.sm@itzacatepec.edu.mx), <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec,  
Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [cesaralexissitz@gmail.com](mailto:cesaralexissitz@gmail.com)

*Área de participación: Sistemas electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** La presente investigación se basa en el diseño, construcción e instrumentación de una máquina de torsión para ensayos en probetas de materiales metálicos, la cual comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde el diseño mecánico hasta la parte del desarrollo de una interfaz de usuario, en dichas etapas se enfocó en el diseño del mecanismo de torsión haciendo uso de un motor reductor, el cual se encarga de aumentar la fuerza aplicada hacia la probeta, logrando así la torsión de manera manual y sin un gran esfuerzo, además se diseñó un sistema para facilitar la colocación de la probeta a ensayar. Con respecto a la parte electrónica se implementó un encoder rotatorio, el cual se encuentra acoplado al eje del motor reductor, y que permitió obtener el ángulo de rotación de manera digital, la información resultante es enviada a un microcontrolador, este se encarga de la transferencia de datos a la computadora vía serial. De igual forma se desarrolló una interfaz de computadora encargada de visualizar los datos de la torsión en el material que se esté ensayando, con el fin de representar la torsión aplicada en la probeta de manera digital, los datos son almacenados en un archivo de Excel para construir una gráfica del esfuerzo aplicado con respecto a la deformación angular.

## 1 Introducción

El presente trabajo surge ante la necesidad de contar con un equipo (máquina) capaz de realizar ensayos de torsión. Siendo así el objetivo de este trabajo la construcción e implementación de un prototipo de máquina de ensayo por torsión, a una escala menor a las existentes comercialmente, además de que su peso y tamaño sea menor. Además el prototipo puede visualizar y adquirir los datos de la torsión aplicada a una probeta al someterse al ensayo a torsión, con el fin de fomentar el desarrollo de las prácticas en el plan de estudios de ingeniería electromecánica.

En primer lugar se inició con el diseño de las partes mecánicas como los engranes, las mordazas, el sistema para el ajuste de la probeta a las mordazas y otros elementos mecánicos. Por otra parte se llevó a cabo el diseño para la protección de los circuitos electrónicos, una vez analizados los diseños, se fabricaron las piezas con ayuda de personal capacitado en el área de manufactura.

En cuanto al diseño electrónico se desarrolló una serie de algoritmos que permiten la transferencia de la información por conexión USB a través de un microcontrolador, logrando así acceder a las funciones necesarias para visualizar datos del prototipo desde software de instrumentación virtual.

Posteriormente fue necesario realizar la calibración del sensor en este caso el encoder rotatorio y por último se realizó la sincronización entre la máquina y la computadora. Para establecer los alcances en cuanto a la resolución de datos, se realizó una calibración entre la torsión en probetas de acero, y los datos obtenidos

en el prototipo, esto con el fin de tener un resultado aproximado en ambas máquinas.

## 2 Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### 2.1 Fórmula de la torsión

Cuando un par de torsión externo se aplica sobre un eje, en éste se genera un par de torsión interno correspondiente.

$$\tau = \left(\frac{\rho}{c}\right)\tau_{max} \quad (2.1).$$

En específico, cada elemento de área  $dA$  ubicado en  $\rho$ , está sometido a una fuerza de  $dF=TdA$ . El par de torsión producido por esta fuerza es  $dT = \rho(TdA)$ . Por lo tanto, para toda la sección transversal se tiene

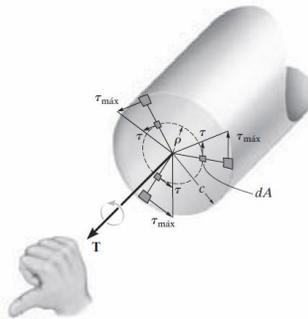


Figura 1.: El esfuerzo cortante varía linealmente a lo largo de cada línea radial de la sección transversal. [5]

$$T = \int_A \rho(\tau dA) = \int_A \rho\left(\frac{\rho}{c}\right)\tau_{max} dA \quad (2.2)$$

como  $T_{max}/c$  es constante.

$$T = \frac{\tau_{max}}{c} \int_A \rho^2 dA \quad (2.3).$$

La integral depende sólo de la geometría del eje. Representa el momento polar de inercia del área de la sección transversal del eje alrededor de su línea central longitudinal. Su valor se simboliza como  $J$  y, por lo tanto, la ecuación anterior puede reordenarse y escribirse de una manera más compacta, es decir:

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J} \quad (2.4)$$

$T_{max}$ = el esfuerzo cortante máximo en el eje, que se produce en la superficie externa.  
 $T$ = el par de torsión interno resultante que actúa en la sección transversal. Su valor se determina a partir del método de las secciones y la ecuación de equilibrio de momentos aplicados respecto a la línea central longitudinal del eje.  
 $J$ = el momento polar de inercia del área de la sección transversal.

$c$  = el radio exterior del eje Si se combinan las ecuaciones 2.4 y 2.7, el esfuerzo cortante a la distancia intermedia  $\rho$  puede determinarse a partir de:

$$\tau = \frac{T\rho}{J} \quad (2.5)$$

## 2.2 Momento polar de inercia

Si el eje tiene una sección transversal circular sólida, el momento polar de inercia  $J$  puede determinarse usando un elemento de área en forma de un aro o anillo diferencial que tiene un grosor  $d\rho$  y una circunferencia  $2\pi\rho$ , figura 2.7. Para este anillo,  $dA=2\pi\rho d\rho$ , y así:

$$J = \int_A \rho^2 dA = \int_0^c \rho^2 2(2\pi\rho d\rho) dA = 2\pi \int_0^c \rho^3 d\rho = 2\pi \left(\frac{1}{4}\right) \rho^4 \Big|_0^c \quad (2.6)$$

$$J = \frac{\pi}{2} c^4$$

Observe que  $J$  es una propiedad geométrica del área circular y que siempre es positiva. Las unidades que se utilizan más a menudo para su medición  $\text{mm}^4$  o  $\text{pulg}^4$ .

## 2.3 Ángulo de giro

Como la ley de Hooke,  $Y=T/G$ , es válida y el esfuerzo cortante puede expresarse en términos del par de torsión aplicado usando la fórmula de la torsión  $T=T(x)\rho/J(x)$ , entonces  $Y=T(x)\rho/J(x)G$ . Si se sustituye esto en la ecuación 5-10, el ángulo de giro para el disco es:

$$d\phi = \frac{T(x)}{J(x)G} dx$$

Integrando sobre toda la longitud  $L$  del eje, se obtiene el ángulo de giro para todo el eje, es decir:

$$\phi = \int_0^L \frac{T(x)}{J(x)G} \quad (2.7)$$

$\phi$  = el ángulo de giro de un extremo del eje con respecto al otro extremo, medido en radianes.

$T(x)$  = el par de torsión interno en la posición arbitraria  $x$ , que se encuentra mediante el método de las secciones y la ecuación de equilibrio de momentos aplicada respecto a la línea central del eje.

$J(x)$  = el momento polar de inercia expresado como una función de la posición  $x$ .

$G$  = el módulo de elasticidad cortante para el material.

## 2.4 Par de torsión constante y área de la sección transversal

Por lo general, en la práctica de ingeniería el material es homogéneo, de modo que  $G$  es constante. Además, la sección transversal del eje y el par de torsión externo son constantes a lo largo del eje. Si éste es el caso, el par de torsión interno  $T(x) = T$ , el momento polar de inercia  $J(x) = J$  y la ecuación 2.7 pueden integrarse, de donde se obtiene:

$$\phi = \frac{TL}{JG} \quad (2.8).$$

## 3. Resultados y Discusión

En la figura 2 se encuentra el diseño final el cual permitió proceder a la construcción del equipo para posteriormente realizar ajustes de instrumentación y con esto lograr evaluar su funcionamiento de manera correcta. El diseño del sistema mecánico se

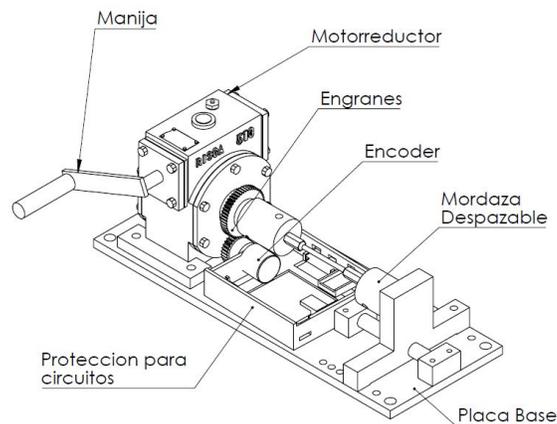


Figura 2. Diseño final de nueva máquina de torsión

basó en máquinas actualmente existentes en el mercado, buscando un diseño más práctico, con la finalidad de reducir las dimensiones.

### 3.1. Medición en Máquina de torsión anterior

Se realizaron 4 ensayos de manera que se cuidara el maquinado en las probetas, con esto en la Tabla 1 que corresponde a las mediciones, se observa que la desviación de los datos fue menor. Posteriormente se graficó los datos de cada prueba como se muestra en la figura 4.1.

Tabla 1. Registro núm. 1 de torsión de las probetas de Acero.

Prueba	Torque máximo (N-m)	Total Radianes(Rad)
8	300	17.1042
9	320	15.4462
10	300	15.7952
11	270	16.4061

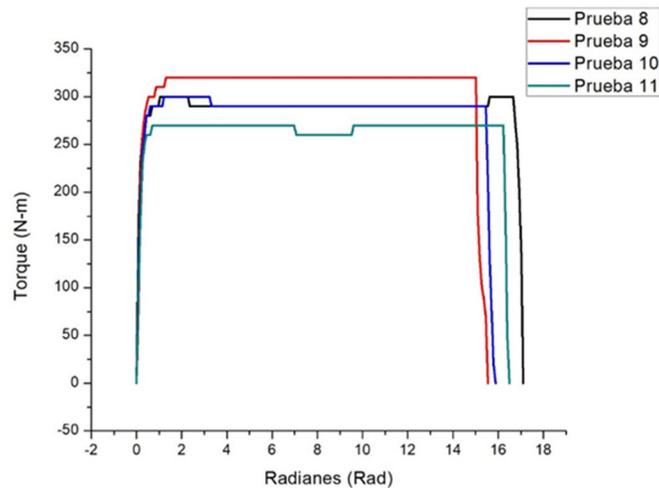


Figura 3. Comportamiento de torsión en las probetas de acero.

### 3.2 Pruebas Realizadas en Nueva Máquina de torsión

Al ensamblar todos los componentes desarrollados para la máquina de torsión se procedió a realizar pruebas, con el objetivo a de obtener un estudio de la torsión que soportaba el material a ensayar, para esto se obtuvieron datos con el programa desarrollado. Dicha interfaz realizada para la adquisición de datos los cuales se generan mediante el uso de un Microcontrolador (*Pic 16F887*) el cual envía vía serial el número de pulsos en base a los grados usando la Ecuación 2.12 se tiene que:

$$\phi = \frac{TL}{JG}$$

Donde  $T$ =Torque Donde despejando  $T$  obtenemos:

$$T = \frac{\phi JG}{L}$$

Una vez despejada la ecuación se implementó en la interfaz para que el valor del ángulo cambiara y así calcular el torque respecto al ángulo de giro medido en radianes, de lo cual se obtuvo los resultados en la siguiente figura 4.2.

Tabla 2. Registro núm. 2 de torsión de las probetas de Acero.

Prueba	Torque máximo (N-m)	Total Radianes(Rad)
1	2034.37	16.32
2	2034.57	16.34
3	1882.667	15.06
4	2098.52	16.49

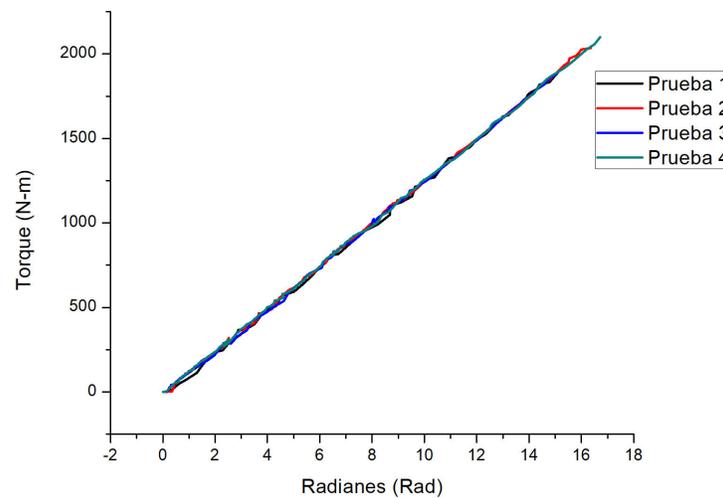


Figura 4. Comportamiento de torsión en las probetas de acero.

En la figura 4.2 se observa que los datos se incrementan linealmente y que el torque en los 4 ensayos supera los 2000N-m de manera que estos datos son erróneos a excepción de los radianes en donde se observan que son correctos y similares en ambas máquinas

### 3.3. Calibración de la nueva máquina de torsión

Dado que los datos obtenidos en la nueva máquina de torsión, se calibro usando los datos de la maquina anterior, de manera que en base a los datos se promedió para generar una ecuación en la cual al momento de realizar el ensaño se obtuvieran de manera correcta, para esto fue necesario evaluar a través regresiones polinomiales, en este caso de noveno grado para obtener la mayor precisión de los datos:

- **De 0 rad a 1.309 rad**  

$$Y = 0.0391 + 1351.9493x + 1084.2991x^2 - 23009.90402x^3 + 73607.01398x^4 - 119709.77944x^5 + 113498.64091x^6 - 63385.81069x^7 + 19340.29498x^8 - 2485.69284x^9$$
- **De 1.39626 rad a 10.21018 rad**  

$$Y = 291.06026 - 4.36529x + 22.9483x^2 - 20.38544x^3 + 8.28304x^4 - 1.88235x^5 + 0.25512x^6 - 0.02054x^7 + 9.08807E - 4x^8 - 1.70402E - 5x^9$$
- **De 10.29745rad a 12.74091 rad**  

$$Y = 290$$
- **De 12.82818 rad a 18.2387 rad**  

$$Y = 292.5$$
- **De 18.32597 rad a 20.24583 rad**  

$$Y = -17837163.8455359 - 1154746.91066001 + 133643.323770047x^2 - 6348.94617139184 - 577.749513740974x^4 + 12.8265975834735x^5 + 1.66784198236794x^6 - 0.00568942813909122x^7 - 0.00395763203330296x^8 + 0.0000885298740790676x^9$$

Tabla 3. Registro núm. 2 de torsión de las probetas de Acero.

Prueba	Torque máximo (N-m)	Total Radianes(Rad)
1	292.5	17.4533
2	300	16.49337

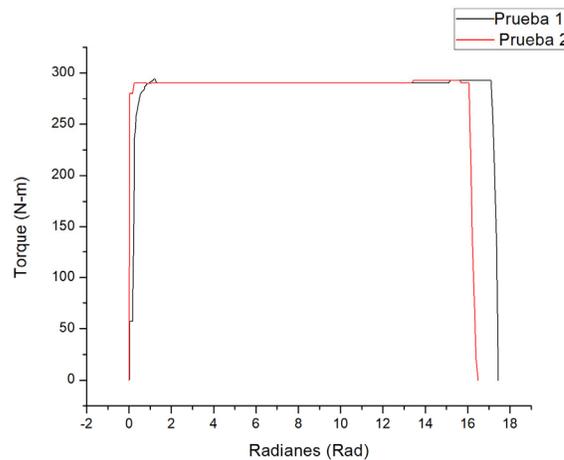


Figura 5. Comportamiento de torsión en las probetas de acero en nueva máquina de torsión.

En la figura 4.3 se observa que los resultados se obtuvieron de manera correcta con un torque de 292.5N-m y 300N-m. Esto explica que en ambas máquinas de torsión los resultados fueron los mismo, garantizando que al ser una maquina didáctica ayudara a entender más de cerca las pruebas a torsión.

#### 4. Conclusiones

El presente trabajo permitió la evaluación de pruebas a torsión cumpliendo con el objetivo planteado al inicio de la investigación, logrando obtener una máquina de ensayo por torsión compacta y de fácil uso, destacado la opción de poder visualizar y adquirir los datos de la torsión al momento del ensayo. Por otro lado los resultados obtenidos en las probetas de acero fueron similares en ambas máquinas, la torsión resultante fue en un rango de 305 N-m y 310N-m mientras que el número de vueltas en radianes se encontró en un valor entre 16.28 rad y 16.72 rad

#### 5. Agradecimientos.

Son muchas las personas por agradecer, empezando por mis padres, quienes siempre me apoyan, los maestros del Instituto Tecnológico de Zacatepec, en especial el M.C. José Efraín Ruiz Ramírez y el Dr. Oscar Sarmiento Martínez, por su gran apoyo y seguimiento, los cuales me han concebido las herramientas suficientes para realizar este trabajo profesional, y muchas gracias a todas las personas que cada día me motivan a seguir adelante.

#### 6. Referencias

1. Gere, J., Goodno, B. and León Cárdenas, J. *Mecánica de materiales* 7th ed. Australia, Thomson Learning, (2016), 222-233.
2. Bickford, W. *Mecánica de sólidos*. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill, (1997),278-287.
3. Singer, Ferdinand L. and Pytel, Andrew *Resistencia de materiales*. Mexico, Oxford University Press Mexico, (1994), 65.
4. Beer, F., Johnston, E., Dewolf, J., Mazurek, D. and Murrieta Murrieta, J. *Mecánica de materiales*. 2nd ed. México, McGraw-Hill Interamericana, (2013),225.
5. Hibbeler, R. and Yap, K. (n.d.). *Mecánica de materiales*. 8th ed. México, D.F, México: PEARSON, (2011), 182-183.
6. Omar Martínez, Jorge Montero. *Diseño y construcción de una máquina para realizar ensayos de torsión*, tesis, Universidad Simon Bolivar ,2010.
7. ISO 18338. (2015). *Metallic materials—Torsion test at ambient temperature*. International Organization for Standardization
8. José Divo Bressan , Ricardo Kirchhof Unfer. *Construction and validation tests of a torsion test machine*, México, ScienceDirect. (2006).

# DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA OBTENER LAS CURVAS DE RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS HIDRÁULICAS

O. C. Benítez-Centeno<sup>1</sup>, J. D. Tiburcio-Bautista <sup>1</sup>, M. G. Vargas Vega<sup>1</sup>, O. Cázarez Candia<sup>2</sup> y R. Ovando-Castelar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Metalmeccánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[obece@itzacatepec.edu.mx](mailto:obece@itzacatepec.edu.mx), [tiibuudavid@gmail.com](mailto:tiibuudavid@gmail.com), [minerva.vv@itzacatepec.edu.mx](mailto:minerva.vv@itzacatepec.edu.mx),  
[rosember.oc@itzacatepec.edu.mx](mailto:rosember.oc@itzacatepec.edu.mx)* <sup>2</sup>*Gerencia de Ingeniería de Recuperación Adicional,  
Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas No 152 Col. San Bartolo  
Atepehuacan, Ciudad de México- [ocazarez@imp.mx](mailto:ocazarez@imp.mx)*

*Área de participación: Sistemas electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** En el presente trabajo trata sobre el diseño de un módulo didáctico para obtener las curvas características de las bombas hidráulicas centrífugas, consistentes de curvas de Altura, Presión, Eficiencia y NPSH como función del flujo volumétrico. Lo anterior a través del diseño e implementación de un módulo, el cual alberga sensores electrónicos de presión manométrica, caudal, voltaje y corriente eléctrica. También está dotado de un gobernador de velocidad para el motor eléctrico y una válvula electrónica. El control y la lectura de datos se llevan a cabo a partir de un microcontrolador. El módulo cuenta con la capacidad en conjunto de la implementación de una interfaz gráfica. Los resultados muestran buena concordancia con las curvas de eficiencia de una bomba centrífuga con desviación del 4% respecto del fabricante para un caso de H-Q.

## Introducción

En la industria y en la agricultura son recurrentes problemas de transporte de líquidos a través de sistemas de tuberías, debiendo vencer presiones y desniveles, que hacen necesario el empleo de unas máquinas hidráulicas denominadas bombas. En la actualidad entre las bombas disponibles, las centrífugas representan el mayor porcentaje de las que se demandan en el mercado, constituyen no menos del 80 % de la producción mundial de bombas, porque son las más adecuadas para mover mayor cantidad de líquido en comparación con las bombas de desplazamiento positivo. Tienen una aplicación muy extendida en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso, además de ocupar un lugar irremplazable en el transporte de agua a la población. Su función principal se caracteriza por la transportación de líquidos, por lo que el perfeccionamiento de su diseño y fabricación se hace indispensable (Kovats, 1964). La bomba centrífuga, debido a su gran velocidad de funcionamiento, permite su accionamiento directo por motores eléctricos, pequeño tamaño y peso, gran seguridad de marcha y servicio y mínimo número de elementos de desgaste, han sido factores decisivos que se han impuesto para conseguir su gran difusión y empleo.

Los bancos de pruebas para estos equipos, son necesarios para conocer las curvas de eficiencia, particularidades de dichas bombas, y siendo exigentes, adquirir las curvas de nuevos diseños de bombas centrífugas. El Propósito del proyecto que se describe en esta investigación, surge de la necesidad de realizar un mejoramiento

de los equipos disponibles en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec relacionado con las pruebas para bombas centrífugas.

El perfeccionamiento del diseño hidráulico ha sido influenciado por experiencias aportadas por investigadores de renombre como Stepanoff (1959), que basado en coeficientes experimentales hace una estimación de las curvas de trabajo de las bombas centrífugas y permiten la obtención con resultados ventajosos de la transición de las condiciones ideales a las reales de las curvas de trabajo de las bombas centrífugas. El diseño hidráulico de impelentes para bombas centrífugas, para la manipulación de líquidos, es un tema ampliamente abordado en la literatura especializada; la cual hace referencia al desarrollo de métodos y procedimientos para el cálculo y diseño de equipos de bombeo de tipo centrífugo, en los cuales se han obtenido avances, pero a pesar de ello siguen existiendo limitaciones importantes relacionadas con el dimensionamiento hidráulico del rodete. Uno de estos avances es el cálculo de las principales proporciones de sus elementos, haciendo uso de métodos elaborados a partir de coeficientes experimentales y la selección de algunos parámetros en amplios rangos, según lo ha permitido la experiencia acumulada (Liranza, 2006). Sánchez, en 2007, confeccionó un sistema de adquisición de datos para obtener las curvas de eficiencia H-Q, P-Q y  $\eta$ -Q, para ello utilizó sensores de presión absoluta a la entrada y salida de la bomba, sensor de temperatura  $\pm 200$  °C, sensor de frecuencia de flujo y un analizador industrial análogo para los valores de corriente, voltaje y potencia. En la adquisición de datos utilizó la interfaz Science Workshop 500, y el software Data Studio, el cual engloba una serie de herramientas para el diseño de experimentos, el software recopila los datos recabados por la interfaz. En desventaja Data Studio no proporciona un tratamiento matemático a la base construida, por lo que es necesario exportar a una hoja de cálculo para obtener las curvas de la bomba, por lo tanto, la adquisición de los datos por instrumentos digitales aventaja a la de los datos por instrumentos análogos, ya que permite que se aminore el margen de error de los datos obtenidos.

García y Suarez, en 2010, diseñaron y construyeron un banco de pruebas para bombas centrífugas, este banco proporcionan tres diferentes sistemas de operación (paralelo, serie y mixto), tres bombas instaladas (dos monofásicas de 0.85 HP, y una trifásica HP), tanque de aluminio con capacidad de 66 litros y tubería de acero inoxidable de un pulgada de diámetro, el banco de pruebas busca comprobar experimentalmente la teoría de las diferentes configuraciones de un sistema hidráulico, además permite verificar los datos que el fabricante propone. En la instrumentación y control se utilizaron manómetros, vacuómetros, un flujómetro, válvulas de globo y variador trifásico Siemens Sinamics G110. El banco fue capaz de proporcionar los datos necesarios para construir las curvas de eficiencia H-Q, P-Q, y  $\mu$ -Q y compararlas con las que proporciona el fabricante. Concluyen que, el punto de funcionamiento de las bombas trabaja por fuera de la curva del sistema, además que la bomba trifásica presenta un comportamiento la cual no permite que la altura se desplome.

Izquierdo y Sablon (2018), obtuvieron un modelo de cálculo para la determinación de las curvas de trabajo de la bomba centrífuga ПБ 160/40. A partir del método

propuesto por Stepanoff, que incluye el empleo de coeficientes experimentales, se desarrolló un método analítico para el estudio de las condiciones ideales a las reales en el funcionamiento de bombas centrífugas. Se formularon a través del estudio y establecimiento de dichos coeficientes ecuaciones matemáticas que permitieron la obtención de las características carga-capacidad y rendimiento hidráulico-capacidad a partir de las dimensiones del rodete y la velocidad específica. Como resultado principal de la investigación se obtienen las curvas de trabajo de la bomba centrífuga ПБ 160/40 con errores inferiores al 5 % con respecto a las reportadas por el fabricante, de esta forma se precisa la validez del método obtenido y se pone de manifiesto su valor científico, práctico y económico, permitiendo así el dimensionamiento de rodetes centrífugos para la manipulación de fluidos.

## Fundamento Teórico

### A. Bombas centrífugas y sus curvas de rendimiento.

Dentro de la familia de las máquinas hidráulicas existen las bombas, en una bomba, ventilador o compresor el trabajo mecánico es transformado en energía hidráulica. Una de las clasificaciones de las bombas está dada por la dirección del flujo.

Las Bombas de flujo radial tienen impulsores generalmente angostos de baja velocidad específica, que desarrollan cargas elevadas, las bombas de flujo mixto son apropiadas para gastos y cargas intermedias y la velocidad específica de los impulsores es mayor que las de flujo radial (el flujo cambia de axial a radial) y las bombas de flujo axial llamadas también bombas de propela. El flujo es completamente axial y sus impulsores son de alta velocidad específica.

El caudal  $Q$ , La carga  $H$ , rendimiento y  $NPSH$  (*Altura neta positiva de aspiración*), son las características de mayor importancia para definir el comportamiento hidráulico de una bomba. Dichas características indican el comportamiento en condiciones de servicio diverso y son imprescindibles para la elección apropiada de una bomba. Las curvas de funcionamiento o curvas características, nos señalan gráficamente como se relaciona una de la otra.

La curva de altura-caudal  $H(Q)$  también conocida como curva de regulación representa la relación entre la altura de una bomba centrífuga y su caudal. Consideremos  $P_s$  la presión en la brida de aspiración de la bomba y  $P_d$  la presión en la brida de impulsión. Primeramente, se arranca la bomba con la válvula de descarga totalmente cerrada, es decir  $Q = 0$ , obteniéndose la presión entregada por la misma, que será la presión de descarga  $P_d$  menos la presión de aspiración  $P_s$ . Con esta presión diferencial y siendo  $\gamma$  el peso específico del líquido bombeado (agua a temperatura ambiente), se obtiene la altura manométrica entregada por la bomba a través de la siguiente expresión Ec.1.

$$H = \frac{P_d - P_s}{\gamma} \quad \text{Ec.1}$$

La forma de la curva de potencia absorbida  $P(Q)$ , La potencia absorbida por el eje de la bomba o potencia al freno es la potencia que necesita la bomba para realizar una determinada cantidad de trabajo. Es igual a la potencia hidráulica o potencia

que necesita la bomba para elevar el agua, más la potencia consumida en rozamientos, y viene determinada por la siguiente expresión (Ec 2) donde, P es la potencia de la bomba,  $\gamma$  peso específico, H altura manométrica, Q es el caudal y  $\eta$  es el rendimiento de la bomba.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta} \tag{Ec.2}$$

La curva  $\eta(Q)$  es la relación entre el suministro de potencia y la cantidad de potencia utilizada realmente. Este es, en general, suministrado por los constructores de la bomba, y considera las pérdidas por fugas (rendimiento volumétrico) y por rozamientos en ejes y caras del impulsor (rendimiento mecánico), el rendimiento de la bomba está determinada por la siguiente expresión (Ec. 3), donde,  $\eta_T$  es el rendimiento total,  $\eta_h$  es el rendimiento hidráulico,  $\eta_v$  es el rendimiento volumétrico,  $\eta_i$  es el rendimiento interno y  $\eta_{motor}$  es el rendimiento del motor.

$$\eta_T = \eta_h \eta_v \eta_o \eta_{motor} \tag{Ec.3}$$

**B. Sensores**

Los sensores ubicados para la obtención de los datos para el banco de pruebas de bombas centrífugas son: el sensor de flujo de paletas (sensor de caudal) y los sensores de presión manométrica. El sensor de caudal está acoplado en la tubería de impulsión al igual que el sensor de presión. El sensor de flujo de paletas se requiere para medir la variable caudal que circula a través de la tubería y los datos obtenidos son recogidos por el microcontrolador el cual realiza una base de datos donde almacena los valores de presión y de caudal para la construcción de la curva de la bomba, curva del sistema.

**Sección Experimental**

En el microcontrolador se programó la adquisición y acondicionamiento de datos enviados por los sensores de presión y caudal. El sensor de presión a la impulsión envía valor mínimo de 1.35V y el valor máximo de 5V y para el sensor de caudal envía pulsos que oscila entre 0 a 250Hz. Posteriormente los datos son almacenados para construir la curva H(Q). En los esquemas siguientes (Figura 1 y 2) muestra la distribución de los sensores en la experimentación y la obtención de los datos obtenidos.

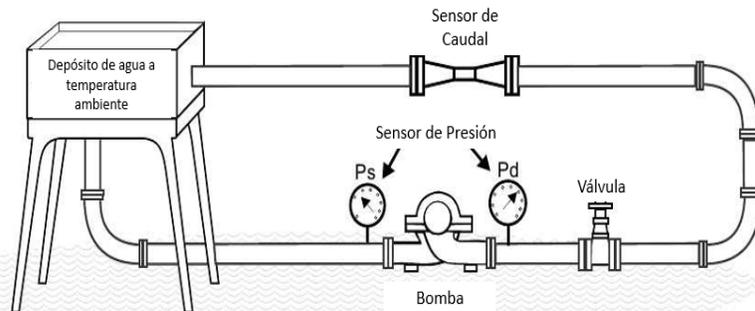


Figura 1. Esquema general del ensayo en la que muestra la disposición de los sensores, se disponen de dos sensores de presión de 1.35v a 5v, sensor de caudal con una frecuencia de 0 a 250 Hz .

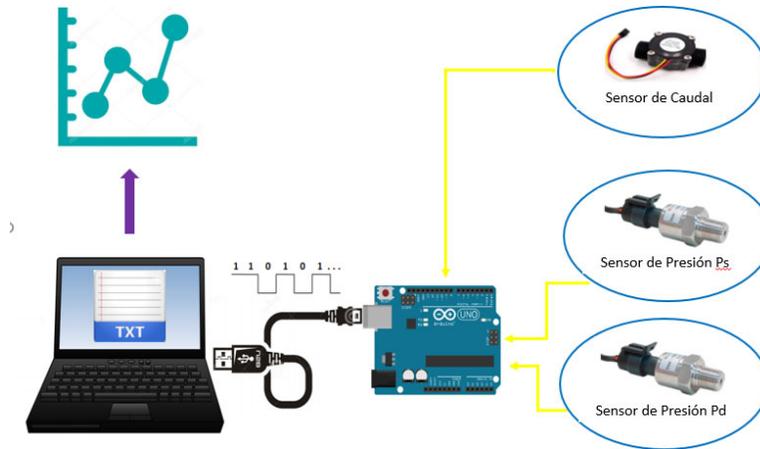


Figura 2. El proceso de la obtención de los datos para crear la curva H-Q

## Resultados y Discusión

La bomba centrífuga con la que se realizó el ensayo, tiene un motor de  $\frac{1}{2}$  HP a 60 Hz, trabaja con un flujo máximo de 110 GPM y una altura máxima de 20 m, el fabricante indica que la bomba su eficiencia se encuentra con una altura de 17 m, la prueba se realizó con agua a temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . La curva  $H(Q)$  obtenida, muestra un comportamiento en la que la altura disminuye al aumentar el caudal y se denominan estables (Figura 3). En una curva  $H(Q)$  estable, a cualquier valor de la altura le corresponde un valor del caudal único. En la gráfica (Figura 4) se muestra la curva H-Q del ensayo contra la que proporciona el fabricante.

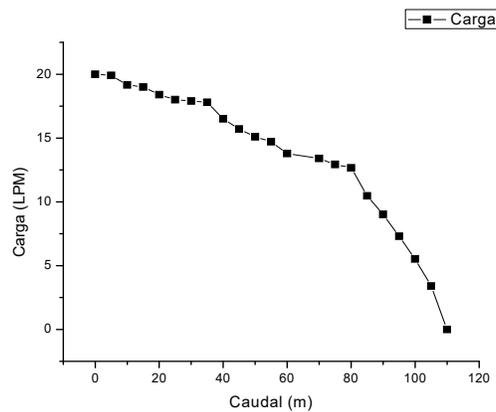


Figura 3. Curva obtenida H-Q en el ensayo.

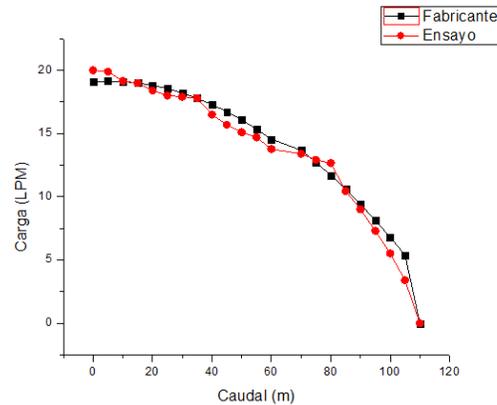


Figura 4. Curva H-Q del fabricante Vs curva obtenida en la prueba.

Para obtener el porcentaje de error entre los datos obtenidos y el proporcionado por el fabricante, se utilizó la siguiente relación (Ec. 4) en donde se obtuvo en promedio un error del 4%.

$$\%error = \left( \frac{Val_{real} - Valor_{exp}}{Val_{real}} \right) * 100 \quad \text{Ec.4}$$

## Conclusiones

Al cerrar completamente la válvula que limita al caudal, la presión de los sensores aumenta considerablemente ya que la bomba trabaja a su máxima potencia intentando impulsar al fluido, es donde se comprueba que la altura máxima es similar a la proporcionada por el fabricante. El ensayo se realizó con una velocidad constante del motor, por lo que se está trabajando en un gobernador de velocidad para obtener las diferentes curvas a diferentes velocidades.

## Agradecimientos

Agradezco a mis asesores que con su apoyo y sus conocimientos se logró realizar el desarrollo de este proyecto.

## Referencias

1. García, H. H. & Suarez, R. J. (2010), Diseño, construcción y puesta a prueba de un banco de bombas centrífugas en serie, paralelo y mixto. Tesis de grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga.
2. Izquierdo, P. R., Sablon, F. L. (2018). Desarrollo de un modelo de cálculo para la determinación de las curvas de trabajo de la bomba centrífuga ПБ 160/40. Ciencia y Futuro. V. 8 N° 1.
3. Kovats, A. (1964), Design and performance of centrifugal and axial flow pumps and compressors. Pergaman Press, Oxford.

4. Liranza, A. G. (2006). Desarrollo de un modelo de cálculo para la determinación de las curvas de trabajo de la bomba centrífuga ПБ 160/40. Raúl Izquierdo Pupo (Tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
5. Sanchez, G. P. (2007). Sistematización de experiencias en el 2006, laboratorio de bombas hidráulicas de la universidad de Magallanes. Tesis de grado. Universidad de Magallanes. Chile.
6. Mataix. Claudio. (1982). Mecánica de Fluidos Y Maquinas Hidráulicas. Ediciones del Castillo, S.A. España.

# FCE: SOFTWARE PARA EL CALCULO DEL FACTOR TEÓRICO DE CONCENTRACION DE ESFUERZOS

O. Sarmiento-Martinez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Metalmecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México.*  
[oscar.sm@itzacatepec.edu.mx](mailto:oscar.sm@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos.*

**Resumen:** En este trabajo, un nuevo software computacional para el análisis del factor de concentración de esfuerzos ha sido desarrollado. *FCE* es el nombre de este software, el cual ha sido probado utilizando problemas resueltos de la literatura especializada [1], así como módulos desarrollados e implementados en la misma [2]. Su confiabilidad numérica ha sido probada utilizando el software comercial SolidWorks, para diferentes formas y cambios geométricos característicos. Los análisis numéricos son utilizados y comparados con los resultados obtenidos a partir del software *FCE*, demostrando que aplicaciones desarrolladas para problemas específicos de ingeniería son una buena alternativa para su aplicación práctica en ingeniería e investigación, en comparación con software comercial con interfaces poco amigables, robustos y altamente costosos.

## Introducción

Una pregunta importante en el diseño de un elemento de máquina es si fallará en servicio. La mayoría de los ingenieros asocian comúnmente la *falla* con el rompimiento o fractura de un elemento de máquina. La función del ingeniero en el diseño de un elemento de máquina, es la de predecir las circunstancias bajo las cuales es probable que ocurra una falla. Estas circunstancias son las relaciones esfuerzo-deformación unitaria-resistencia, que involucran a la mayoría de los elementos sólidos y a fenómenos de superficie. Por otra parte, en el desarrollo de las ecuaciones básicas de esfuerzo (tensión, compresión, flexión, y torsión) el suponer que el elemento bajo consideración no tiene irregularidades es irreal, debido a que las distribuciones de esfuerzos en el interior de los elementos cargados no son totalmente uniformes, esto es debido a que la mayor parte de las piezas de maquinaria reales tiene secciones transversales variables.

Por otra parte, la presencia de discontinuidades geométricas tales como agujeros, filetes y muescas en un componente cargado, crea distribuciones de tensiones con valores máximos superiores que las predichas por las ecuaciones de equilibrio mecánico basadas en materiales [1], por lo que, los factores de concentración de esfuerzos proporcionan una forma de cuantificar la magnitud relativa en el incremento del esfuerzo en tales geometrías.

Sin embargo, las referencias de diseño estándar a menudo presentan datos de concentración de esfuerzos como gráficos adimensionales para geometrías específicas y combinaciones de carga [2,3]. Lo que conlleva a determinar factores de concentración de esfuerzos erróneos debido a una lectura imprecisa de estos

gráficos, así como la interpolación visual, lo que conlleva a errores en los cálculos finales.

Por lo anterior, este documento tiene como objetivo dar a conocer un nuevo software para el cálculo del factor teórico de concentración de esfuerzos  $k_t$ . El software **FCE** hace uso las *Gráficas de Factores de Concentración de Esfuerzos* [2], en el cual se presentan 14 casos comunes de concentración de esfuerzos y en donde se han ajustado ecuaciones aproximadas, permitiendo así la generación automática de factores aproximados de concentración de esfuerzos.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

El desarrollo de las ecuaciones básicas de esfuerzos de tensión, compresión, flexión y torsión están bajo el supuesto de que no hay irregularidades en el elemento bajo consideración [4]. Esto conlleva a una difícil tarea, si no es que imposible, el de diseñar una máquina sin permitir cambios en la sección transversal de sus elementos. Sin embargo, la mayor parte de los elementos que conforman una máquina real tienen secciones transversales variables y en donde cualquiera de estos cambios en la geometría de su sección transversal provocará concentraciones de esfuerzos localizados [2]. De aquí, que cualquier discontinuidad en una parte de un elemento de máquina altera la distribución de esfuerzo en las inmediaciones de la discontinuidad, por lo que las ecuaciones elementales del esfuerzo no describirían su estado en esa sección en particular. A estas discontinuidades denominadas *intensificadores de esfuerzo* ocurren en ciertas regiones a las cuales se les llama áreas de *concentración de esfuerzos* [4].

El factor teórico o geométrico de concentración de esfuerzos  $k_t$  o  $k_{ts}$ , es utilizado para relacionar el esfuerzo máximo real en la discontinuidad con el esfuerzo nominal. Estos factores se encuentran definidos por:

$$\sigma_{max} = K_t \sigma_{nom} \quad \text{Ec. 1,}$$

$$\tau_{max} = K_{ts} \tau_{nom} \quad \text{Ec. 2,}$$

donde  $\sigma_{nom}$  y  $\tau_{nom}$  son los esfuerzos nominales calculados para la carga aplicada específica y sección transversal neta, suponiendo una distribución de esfuerzo, a través de la sección, que se obtendría con una geometría uniforme [2]. Por otra parte, los factores  $k_t$  y  $k_{ts}$  solo toman en cuenta efectos de la geometría de la parte y no consideran el comportamiento del material en presencia de concentración de esfuerzos. La ductilidad o fragilidad del material, así como el tipo de carga, ya sea estática o dinámica, afectan la respuesta a la concentración de esfuerzos.

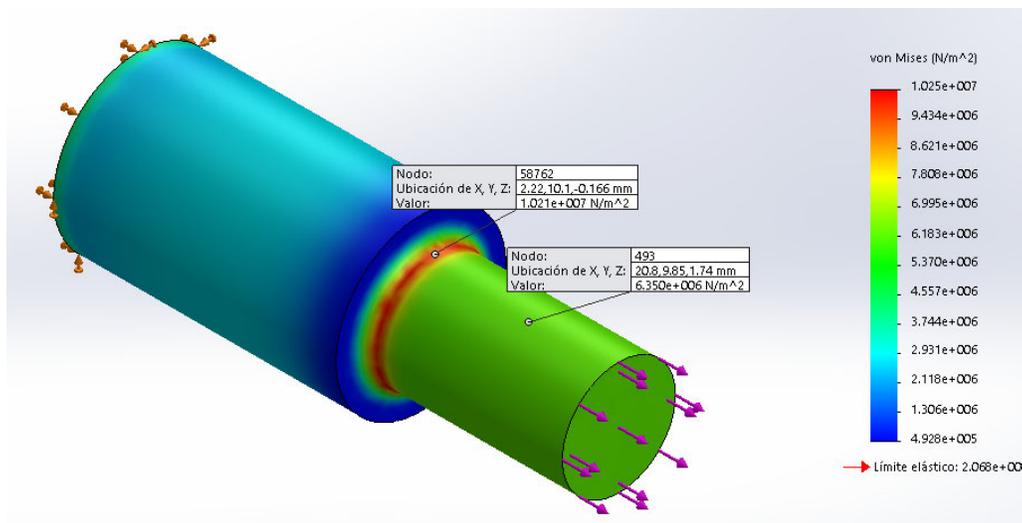
El análisis de las formas geométricas para determinar los factores de concentración de esfuerzos se convierte en un problema difícil y no se encuentran muchas soluciones. La mayor parte de los concentradores de esfuerzos se denominan por medio de técnicas experimentales [5]. Por lo general, en las aproximaciones experimentales se incluye la fotoelasticidad, métodos de malla, métodos de recubrimiento frágil y métodos eléctricos medidores de deformación los cuales

presentan el mismo inconveniente que el método de elemento finito. Por otra parte, uno de los problemas para los ingenieros es obtener acceso a costosos paquetes informáticos. En la mayoría de los casos, los paquetes de software de ingeniería como los sistemas CAD / CAM / CAE [6], son demasiado caros para pequeñas empresas privadas o universidades.

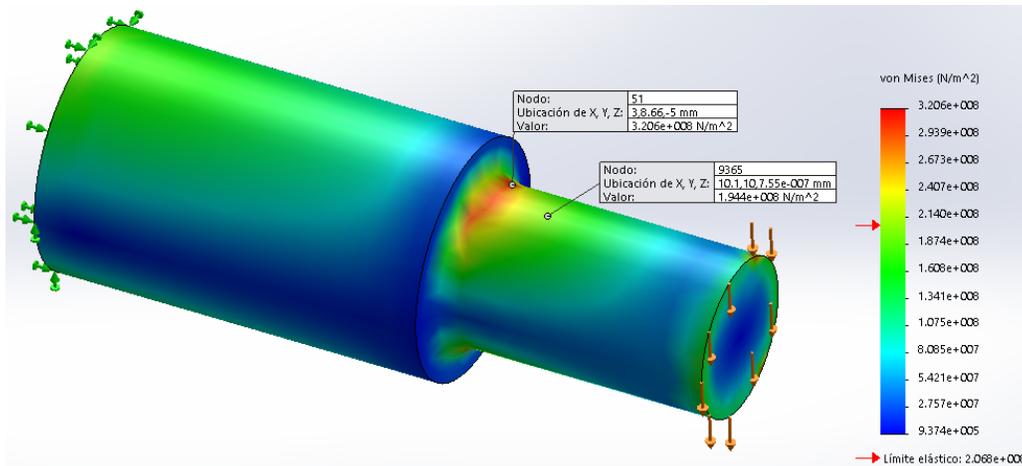
En el proceso de diseño, el análisis de la concentración de esfuerzos se puede realizar utilizando software como ANSYS [7], CATIA V5, SolidWorks y NX, o utilizando diagramas obtenidos experimentalmente [5], para varias configuraciones geométricas que incluyen cambios abruptos en la geometría. Los softwares mencionados anteriormente, son robustos con interfaces poco amigables y altamente costosos. Es por esto que, en este trabajo, un nuevo software computacional para el análisis del factor de concentración de esfuerzos ha sido desarrollado. *FCE* ha sido probado utilizando problemas resueltos de la literatura especializada [2, 8-10], así como módulos desarrollados e implementados en la misma [8]. Su confiabilidad numérica ha sido probada utilizando el software comercial SolidWorks (SW), para diferentes formas y cambios geométricos característicos. Los análisis numéricos son utilizados y comparados con los resultados obtenidos a partir del software *FCE*, demostrando que aplicaciones desarrolladas para problemas específicos de ingeniería son una buena alternativa para su aplicación práctica en ingeniería e investigación.

## Resultados y Discusión

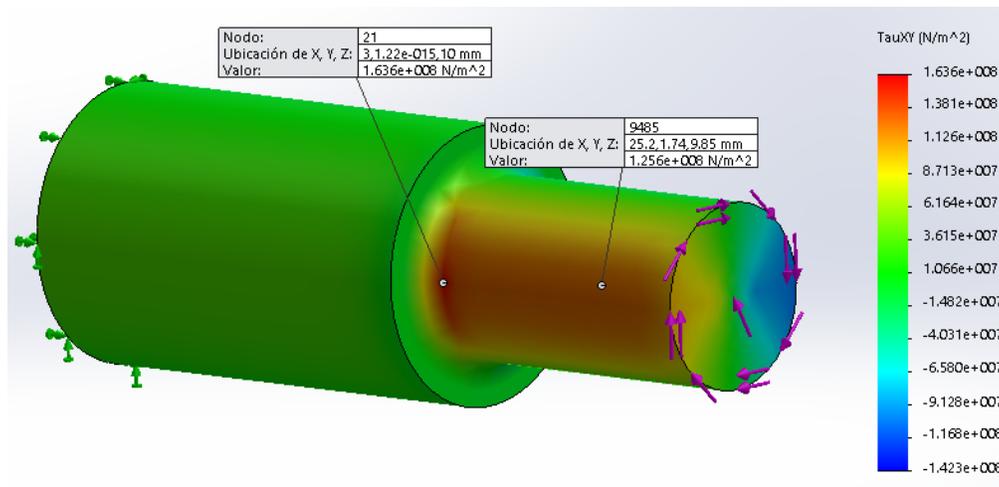
El análisis se realizó para los casos más comunes característicos de geometría y para todos los tipos de carga (tensión axial, flexión, torsión). A continuación, se presentan los resultados de los análisis numéricos para un eje con filete de hombro obtenidos por el software comercial SolidWorks (SW).



**Figura 1.-** Análisis numérico del factor de concentración de esfuerzos para un eje con filete de hombro con carga en Tensión Axial.



**Figura 2.-** Análisis numérico del factor de concentración de esfuerzos para un eje con filete de hombro con carga en Flexión.



**Figura 3.-** Análisis numérico del factor de concentración de esfuerzos para un eje con filete de hombro con carga en Torsión.

Las figuras 1, 2 y 3 muestran los resultados del análisis numérico para una carga a tensión axial, a flexión y a torsión de un eje con filete de hombro. Las dimensiones utilizadas son:  $D=30$  mm,  $d=20$  mm y  $r=3$  mm para los tres casos, las cargas correspondieron en este caso para tensión axial  $P=2000$  N, para flexión  $M=200$  N.m, y para torsión  $T=200$  N.m. De las imágenes se puede observar que el esfuerzo real (máximo) está en el hombro, donde el diámetro se vuelve más pequeño y en donde el esfuerzo en la cara final de la pieza se puede ignorar. Tomando los valores de esfuerzo nominal y esfuerzo máximo de los análisis numéricos junto con las ecuaciones 1 y 2, se puede determinar el valor del Factor Teórico de Concentración de Esfuerzos  $K_t$ . Por ejemplo, para una carga axial  $P$  (figura 1), el valor del esfuerzo nominal ( $\sigma_{nom} = 6.35$  Mpa) y el esfuerzo máximo ( $\sigma_{max} = 10.21$  Mpa), usando estos valores el de  $K_t$  es:

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}} = \frac{10.21}{6.35} = 1.607$$

Para el momento M (figura 2), el valor del esfuerzo nominal ( $\sigma_{nom} = 194.4 \text{ Mpa}$ ) y el esfuerzo máximo ( $\sigma_{max} = 320.6 \text{ Mpa}$ ), usando estos valores el de  $K_t$  es:

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}} = \frac{320.6}{194.4} = 1.649$$

En el caso del par de torsión T (figura 3), el valor del esfuerzo nominal ( $\tau_{nom} = 125.6 \text{ Mpa}$ ) y el esfuerzo máximo ( $\tau_{max} = 163.6 \text{ Mpa}$ ), usando estos valores el de  $K_t$  es:

$$K_t = \frac{\tau_{max}}{\tau_{nom}} = \frac{163.6}{125.6} = 1.302$$

Usando este procedimiento, el factor teórico de concentración de esfuerzos  $K_t$ , puede ser encontrado numéricamente para todo tipo de geometría y carga.

El software **FCE**, es simple de interface gráfica e intuitivo (figura 4), utilizando solamente dos secciones para la *form* principal, llevando el mayor peso la implementación de los modelos matemáticos en la codificación. El software **FCE** fue creado en *Borland Delphi 7.0*, el cual, es un lenguaje de creación de software basado en una programación visual. *Delphi* utiliza una versión actualizada de Pascal conocida como *Object Pascal*, y es un lenguaje muy versátil, el cual es utilizado para cualquier proyecto.

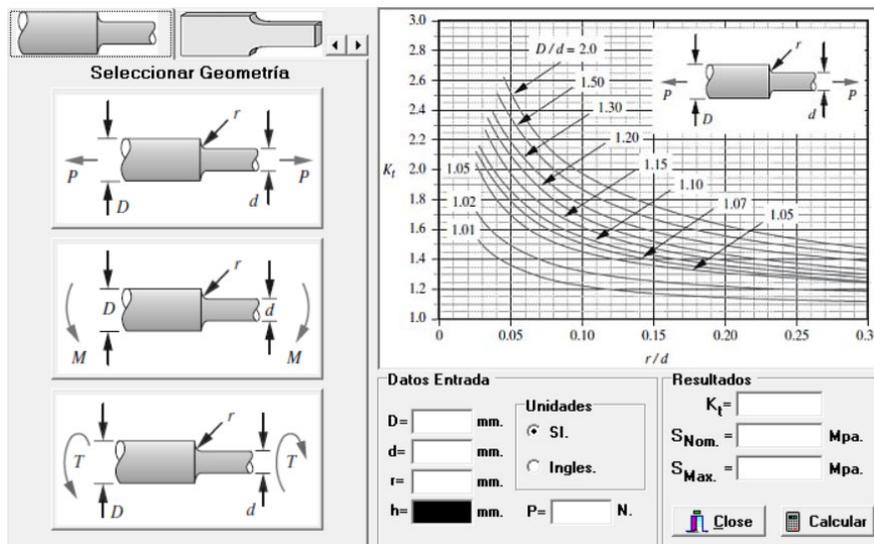
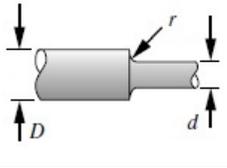
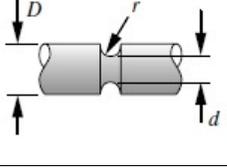
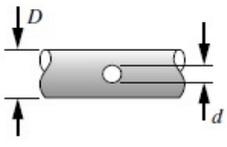
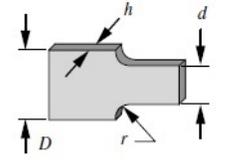
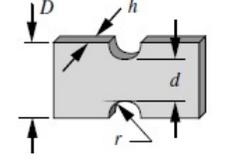
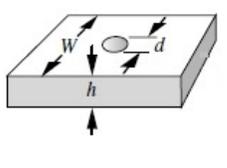


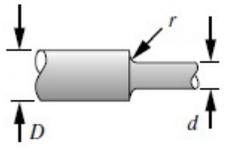
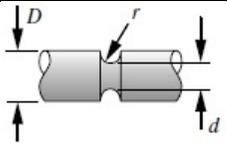
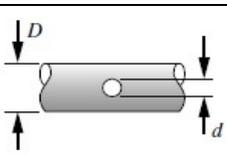
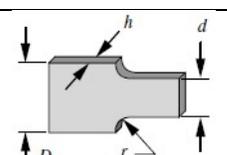
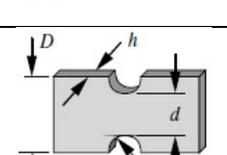
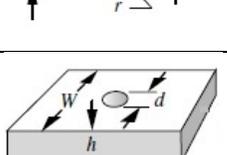
Figura 4.- Software FCE.

Tabla 1.- Calculo del factor teórico  $K_t$ , mediante el software **FCE**.

Geometría Dimensiones (mm)	Carga	$\sigma_{nom}$ (Mpa)	$\sigma_{max}$ (Mpa)	$K_t$	
	D=30 d=20 r=3	P=2000 N.	6.3661977	10.8694764	1.7073734
	M=200 N.m	254.6479089	389.5294104	1.5296784	
	T=200 N.m	127.3239545	169.0273592	1.3275378	
	D=30 d=20 r=3	P=2000 N.	6.3661977	12.8091689	2.0120595
	M=200 N.m	254.6479089	441.9362290	1.7354795	
	T=200 N.m	127.3239545	177.6437863	1.3952110	
	D=30 d=5	M=200 N.m	105.2233502	219.3291420	2.0844151
	T=200 N.m	43.9421601	121.3799552	2.7622665	
	D=30 d=20 r=3 h=5	P=2000 N.	20.0000000	37.7343018	1.8867151
	M=200 N.m	600.0000000	973.3182937	1.6221972	
	D=30 d=20 r=3 h=5	P=2000 N.	20.0000000	45.3514565	2.2675728
	M=200 N.m	600.0000000	1111.5150769	1.8525251	
	W=30 d=5 h=5	P=2000 N.	16.0000000	40.9403239	2.5587702
	M=200 N.m	1920.0000000	3771.8642876	1.9645126	

La tabla 2 muestra la comparación del factor de concentración de esfuerzos  $K_t$  obtenidos de los diferentes softwares antes mencionados. De estos resultados se puede observar que el software **FCE** tiene la confiabilidad numérica esperada.

**Tabla 2-** Comparación del valor del Factor Teórico  $K_t$  calculado de los diferentes softwares de aplicación.

Geometría Dimensiones (mm)		Factor Teórico de Concentración de Esfuerzos $K_t$			
		Carga	SW	FCE	Módulos [2]
	D=30 d=20 r=3	P=2000 N.	1.607	1.70737	1.675
		M=200 N.m	1.649	1.52967	1.51
		T=200 N.m	1.302	1.32753	1.30
	D=30 d=20 r=3	P=2000 N.	2.323	2.01205	2.012
		M=200 N.m	1.883	1.73547	1.74
		T=200 N.m	1.390	1.39521	1.40
	D=30 d=5	M=200 N.m	1.957	2.08441	2.11
		T=200 N.m	2.534	2.76226	2.77
	D=30 d=20 r=3 h=5	P=2000 N.	1.877	1.88671	1.887
		M=200 N.m	1.701	1.62219	1.62
	D=30 d=20 r=3 h=5	P=2000 N.	2.408	2.26757	2.268
		M=200 N.m	1.890	1.85252	1.85
	W=30 d=5 h=5	P=2000 N.	2.540	2.55877	2.559
		M=200 N.m	1.82	1.96451	1.96

## Conclusiones

Este trabajo presenta los resultados del software **FCE**, desarrollado para el cálculo del Factor Teórico de Concentración de Esfuerzos  $K_t$ , se demostró que, con un buen conocimiento de lenguajes de programación, como lo es *Delphi*, se puede desarrollar software para problemas específicos de ingeniería, evitando la compra de costosos paquetes computacionales.

Si bien, los ingenieros pueden encontrar muchos otros casos de geometría, debido a esto el software **FCE**, puede seguir creciendo a futuro siendo práctico y teniendo en cuenta los diferentes materiales para aquellos casos en donde se requiera.

## Referencias

1. G. Prater Jr.; A. M. Shahhosseini; *Comput Appl Eng Educ.* 10, 1-10, 2002.
2. R. L. Norton, *Machine design—An integrated approach*, 3rd ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998.
3. J. E. Shigley and C. R. Mischke, *Mechanical engineering design*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, NY, 1989.
4. R. G. Budynas. J. K. Nisbett., *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.*, 8va ed., McGraw-Hill, 2008.
5. W. D. Pilkey., *Peterson's Stress Concentration Factors*, 2da. ed., John Wiley & Sons, NY, 1997.
6. A Muminovic, I. Saric, and E. Mesic, *Computer-Aided Design (CAD)*, Sarajevo: Faculty of Mechanical Engineering Sarajevo, 2012.
7. F. Darwish, G. Tashtoush, M. Gharaibeh, *European Journal of Mechanics - A/Solids*, Volume 37, January–February 2013, Pages 69–78.
8. M.F. Spotts, T.E. Shoup, and L.E. Hornberger, *Design of Machine Elements*, 8th ed., New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 2004.
9. A.J. Muminovic, I. Saric, and N. Repcic, *Procedia Engineering*, Volume 69, 2014, Pages 609–615, 24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2013.
10. A.J. Muminovic, I. Saric, and N. Repcic, *Procedia Engineering*, Volume 100, 2015, Pages 707–713, 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2014.

# ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA CONVERSIÓN DE BIOGAS USANDO DOS REACTORES DE PLASMA TIBIO EN SERIE

**A. Romero-Casarrubias<sup>1,2</sup>, J. Pacheco-Sotelo<sup>1</sup>, C. Barerra-Díaz<sup>2</sup>, M. Pacheco-Pacheco<sup>1</sup>, R. Valdivia-Barrientos<sup>1</sup>, M. Duran-García<sup>2</sup>, M. Hidalgo-Perez<sup>1</sup>, F. Ramos-Flores<sup>1</sup>, H. Frías-Palos<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Laboratorio de Aplicación de Plasma  
Joel.Pacheco@inin.gob.mx, Marquidia.Pacheco@inin.gob.mx, Ricardo.valdivia@inin.gob.mx

<sup>2</sup>Departamento Química de la Universidad Autónoma del Estado de México  
cbd0044@gmail.com, arcdonovan@hotmail.com

**Área de participación:** *Sistemas electromecánicos y energía*

**Resumen:** En la actualidad el requerimiento energético para satisfacer las necesidades humanas es muy alto, tanto así que se han buscado fuentes de energía alternas y tecnologías para su aprovechamiento, es por eso que en este artículo se presenta un estudio energético de la conversión de biogás utilizando dos reactores de plasma tibio en serie, el biogás se hizo pasar en un flujo de 10 L/min en los reactores de plasma tibio, cada uno a diferentes potencias. Se evaluaron los resultados obtenidos mediante espectrometría de masas, siendo los más sobresalientes en la combinación de potencias de 600-500 watts, obteniendo los combustibles acetileno y Syngas siendo este último una combinación de hidrógeno y monóxido de carbono y teniendo una mayor concentración con respecto a otras potencias utilizadas. Se concluyó que el número de reactores, así como la potencia suministrada afectan el rendimiento de conversión.

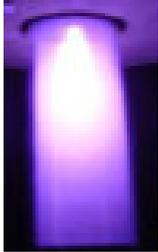
## Introducción

La constante demanda energética para cubrir las necesidades humanas ha fomentado el estudio de fuentes de energía alternativas, tal es el caso del aprovechamiento de los residuos de las granjas vacunas y porcinas, los cuales a través de un biodigestor pueden concentrar los gases como metano y dióxido de carbono entre otros, para posteriormente usarlos de manera casera, cabe recordar que si estos gases se desprenden al ambiente son considerados gases de efecto invernadero (GEI) y son la principal causa del calentamiento global, el cual trae consigo cambios climáticos, uno de los sectores con mayor producción de dióxido de carbono y metano es el sector pecuario, ya que genera alrededor de 5,0 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq por lo que la industria ganadera se ha preocupado en explorar y generar nuevas formas de energía para satisfacer las necesidades de dicha industria; por ejemplo, se han estudiado nuevas alternativas de energía mediante biodigestores o a través del uso de la tecnología de plasma tibio para la síntesis del biogás.

El plasma tibio es una descarga en transición que se encuentra entre el plasma térmico convencional y el plasma en condiciones de no-equilibrio, trabajando en una densidad de potencia moderada, pero manteniendo suficiente temperatura de gas (1000-3000K) para producir especies excitadas, por lo cual es una de las tecnologías propuestas para la síntesis de combustibles, se tiene la ventaja que puede trabajar de manera in situ con gases de efecto invernadero con lo cual su costo disminuye considerablemente haciéndolo apto para las necesidades ambientales y económicas. El plasma tibio tiene la capacidad de proporcionar una amplia gama de especies químicamente activas sin elevar la temperatura del gas y

combina las características tanto del plasma térmico como del plasma frío lo que lo convierte en el mejor prospecto para aplicaciones a nivel industrial en muchos campos, en la tabla 1 se muestran algunas características de los diferentes tipos de plasma.

**Tabla 1.** Características del plasma

	Plasma Frío	Plasma Tibio	Plasma térmico
Temperatura (K)	300-100	800-3000	104-105
Densidad Electrónica (cm <sup>-3</sup> )	≥10 <sup>16</sup>	10 <sup>12</sup> -10 <sup>14</sup>	10 <sup>26</sup>
Densidad de Potencia (W/cm <sup>-3</sup> )	<10	10-500	>100
Conductividad Eléctrica (S/m)	≈100	100-1000	>1000
Ejemplos	-DBD -Corona -Sputtering	-Jet pulsante -Plasma deslizante	-Plasma de corte -Vitrificación -Proyección
Ventajas y Desventajas	-Gas inerte -Flujos y espacios reducidos	-Altos flujos -variedad especies químicas	-Gas Inerte -Fuerte disipación
Aspecto Físico			

En este artículo se toma en cuenta diversos parámetros como son:  
La energía suministrada, la cual permitirá establecer la magnitud real de energía que se necesita en la producción o en este caso transformación, la energía fue calculada de la siguiente manera.

$$Energía = (Potencia(watts) * Eficiencia) * tiempo (s) \quad \text{Ecuación 1}$$

*Energía*= energía suministrada (Kj)

*Potencia*= potencia suministrada (watts)

*Eficiencia*= Eficiencia del equipo% (0.72)

*tiempo*= tiempo (s)

La energía específica que es una relación directa entre la energía suministrada y el número de moles de combustible obtenidos.

$$Energía Especifica (SE) = \frac{Energía\ utilizada\ (Kj)}{No.Moles\ combustible} \quad \text{Ecuación 2}$$

Así como la eficiencia de conversión eléctrica (ECE), el cual nos permitirá evaluar el cociente de la energía producida entre la energía suministrada y se calcula de la siguiente manera.

$$ECE = \frac{(n_{H_2} * LHV_{H_2}) + (n_{CO} * LHV_{CO}) + (n_{C_2H_2} * LHV_{C_2H_2})}{(n_{CH_4 \text{convertido}} * LHV_{CH_4}) + (P * t(s))} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

ECE=%

n=No. Moles (mol)

LHV= valor calorífico mínimo (kJ/mol)

P=potencia (watts)

t=tiempo (seg)

Al introducir el biogás al plasma tibio se promueve la síntesis de compuestos como Syngas, acetileno, etc., así como la degradación de compuestos problema (GEI), teniendo también la ventaja que al usar plasma tibio no se necesita ningún tipo de enfriamiento adicional, el reactor es de construcción simple y trabaja con corrientes reducidas y tensiones altas.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Para la realización de los experimentos el biogás se obtuvo de la granja porcina “Paulinas” en el estado de Querétaro en México, este biogás se caracterizó por espectrometría de masas y obteniendo la concentración de las diferentes especies presentes por ley de Dalton de presiones parciales las cuales se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Concentración inicial de las especies

Gas	Concentración %vol	Gas	Concentración %vol
CH <sub>4</sub>	72.61	H <sub>2</sub>	0.004
CO <sub>2</sub>	23.24	CO	0.23
Aire	1.93	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.008
H <sub>2</sub> S	0.003	Otras	0.469
H <sub>2</sub> O	1.44		

Los reactores de plasma tibio están contruidos de acero inoxidable con post-cámaras de cuarzo y un electrodo de tungsteno. Se utilizó un flujo de 10 L/min del biogás, este flujo se introdujo a los reactores de plasma en los cuales se variaban las potencias como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Combinación de potencia de los reactores

Caso	Flujo (L/min)	Potencia Reactor 1 (W)	Potencia Reactor 2(W)
1	10	400	0
2	10	500	0
3	10	600	0
4	10	600	500
5	10	600	500

Posteriormente los gases resultantes de la fueron analizados con un espectrómetro de masas Cirrus MKS con fuente de ionización por impacto de electrones (EI) y analizador de cuadrupolo (baja resolución).

Estos análisis se llevaron a cabo bajo presión atmosférica de 710 hPa a una temperatura de 17 °C.

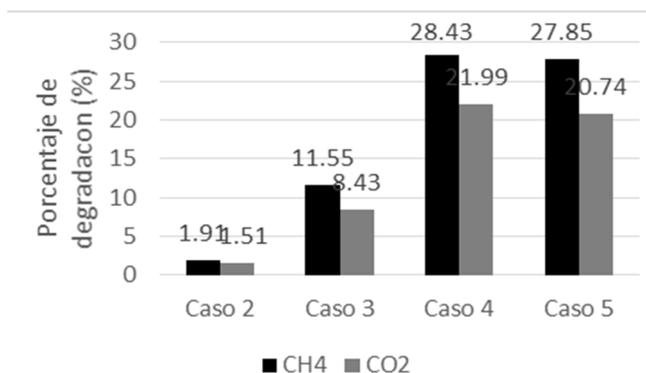
## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos para cada combinación de potencias en los reactores se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Concentración de especies en cada uno de los casos

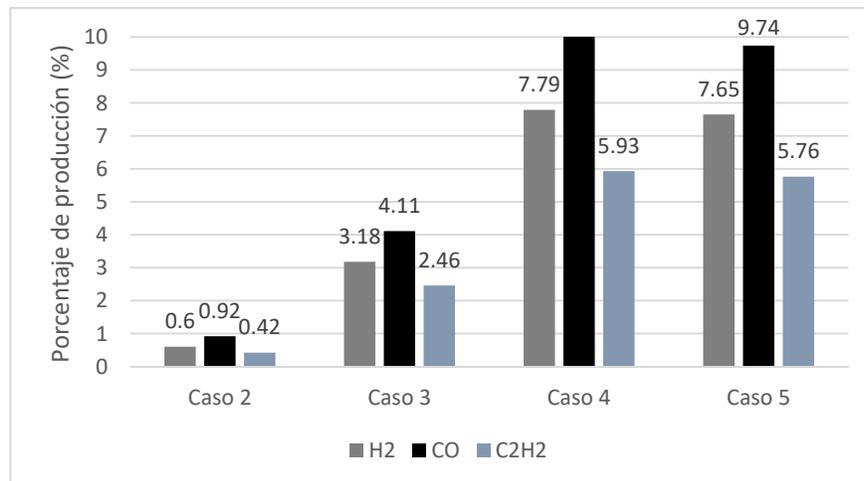
Gas	Concentración de especies (%)				
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
CH <sub>4</sub>	72.61	71.22	64.22	51.97	52.39
CO <sub>2</sub>	23.24	22.89	21.28	18.13	18.42
Aire	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
H <sub>2</sub> O	1.44	1.45	1.72	2.25	2.19
H <sub>2</sub>	0.07	0.6	3.18	7.79	7.65
CO	0.23	0.92	4.11	10.02	9.74
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.008	0.42	2.46	5.93	5.76
Otras	0.469	0.567	1.098	1.978	1.918

Como se observa en la tabla 3 las concentraciones de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO y C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> varían en cada uno de los casos siendo los más notables los casos 4 y 5 esto es debido a la combinación de potencias 600-500 watts en los reactores, también se nota la degradación del CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> consiguiendo un máximo de 28.43% de degradación para CH<sub>4</sub> y un 21.99% para CO<sub>2</sub> como se muestra en la gráfica 1.



**Figura 1.** Porcentaje de degradación para las diferentes potencias (%)

Al degradarse el CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> aumentaba la concentración de H<sub>2</sub>, CO y C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> como se muestra en la gráfica 2.



**Figura 2.** Porcentaje de producción para las diferentes potencias (%)

Obteniendo así un máximo de producción para H<sub>2</sub> de 7.79%, CO de 10% y C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> de 4.93%.

Para la energía específica en cada uno de los experimentos se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Energía específica obtenida en cada caso

	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
SE (Kj/mol)	2494.02062	595.495385	247.966302	254.285961

En el cálculo de la eficiencia de conversión de energía los resultados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Eficiencia de conversión eléctrica para cada caso

	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
ECE %	1.39992457	8.78486562	23.3176074	22.54626

De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos y derivados del análisis realizado por espectrometría de masas, se puede concluir que por medio de la tecnología de plasma tibio se puede generar combustibles como Syngas y acetileno a partir de una mezcla de dióxido de carbono y metano. Respecto a la potencia eléctrica de trabajo del plasma, se encontró que los valores combinados de dos reactores de 500 y 600 watts mejoran el rendimiento de generación de los combustibles.

## Conclusiones

La tecnología de plasma tibio provee una alternativa en la conversión de gases de desecho a combustibles, es necesario seguir estudiando las variaciones en el diseño del experimento para mejorar el rendimiento de conversión.

## Referencias

- 1 Pacheco. J; Soria. G; Pacheco. M; Valdivia. R; Ramos. F; Frías. H; Hidalgo. M. "Greenhouse gas treatment and H<sub>2</sub> production, by warm plasma reforming". *International Journal of Hydrogen Energy*. 2015, 40(48), 17165–17171. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2015.08.062>
- 2 Pacheco. J; Soria. G; Valdivia. R; Pacheco. M; Ramos. F; Frias. H; Ibanez. M. "Warm plasma reactor with vortex effect enhanced used for CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> reforming". *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2014 42(10), 2800–2801. <https://doi.org/10.1109/TPS.2014.2337290>
- 3 Daoudi. M. "Evaluación técnica de los procesos de transformación química de gas metano en productos con valor agregado". *Journal of Visual Languages & Computing*. 2000 11(3), 287–301.
- 4 FAO. "Enfrentado el cambio climático a través de la ganadería". 2000 Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>
- 5 Zhang. H; Zhu. F; Li. X; Cen. K; Du. C; Tu. X; "Enhanced hydrogen production by methanol decomposition using a novel rotating gliding arc discharge plasma". *RSC Advances*. 2016 6(16), 12770–12781. <https://doi.org/10.1039/c5ra26343c>

# ANÁLISIS DEL FLUJO DE PROCESO COMO ESTRATEGIA DE MEJORA EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA (CASO DE ESTUDIO)

**J.C. Martínez-Hernández<sup>1</sup>, E.J. Cruz-Solis<sup>1</sup>, I. Reyes-Leon<sup>2</sup>, M. Cruz-Luna<sup>3</sup>, G. Hinojosa-Andrade<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango- [julio.cmh@hotmail.com](mailto:julio.cmh@hotmail.com), [edgar.itsh@gmail.com](mailto:edgar.itsh@gmail.com), <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango- [ingivanreyes\\_tec@hotmail.es](mailto:ingivanreyes_tec@hotmail.es), <sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango- [macruz@hotmail.com](mailto:macruz@hotmail.com), Av. Tecnológico No. 80 Col. 5 de octubre, Huauchinango, Puebla.

**Área de participación:** *Manufactura esbelta y calidad (IIN)*

**Resumen:** Actualmente la manufactura sigue avanzando rápidamente, más allá de las disciplinas e impulso del crecimiento económico. La manufactura se ha convertido en un campo de estudio dinámico, desde el punto de vista tecnológico, económico e histórico como un factor especial para el crecimiento en una empresa. La investigación se fundamenta en el análisis de los procesos de manufactura y la implementación del mapeo del flujo de valor (VSM) para el incremento de la productividad, reducción de tiempos y actividades que no agregan valor a los procesos en una empresa metalmeccánica dedicada a la fabricación de accesorios de acero inoxidable como válvulas, bombas centrífugas, filtros, mirillas y tuberías, esta se localiza en la ciudad de Xicotepec de Juárez, Puebla. El desarrollo del proyecto estudia las principales actividades dentro de la empresa como lo es la creación de los moldes y los árboles o bridas útiles para la creación de varias piezas de acero inoxidable. El alcance de este proyecto esta centralizado en el área de producción de piezas y tuberías de acero inoxidable, conocer los tiempos de entrega, los productos que se fabrican, diseños y las diferentes especificaciones técnicas y tecnología que se emplea dentro de la empresa. Para el desarrollo de la metodología se escoge una familia de productos criticos, se aplican diferentes instrumentos para obtener información, se mapea el estado actual para el mejoramiento o reducción de los problemas, éstas son proyectadas en el mapeo del estado actual e implementadas para la obtención de resultados.

Palabras Clave: Manufactura, productividad, proceso.

## Introducción

En un mundo globalizado como el actual, la estabilidad y el progreso de toda una nación dependen de la competitividad y productividad de su industria en el mercado, debido a que la mayoría de las empresas nacionales están comprendidas dentro del sector de la micro, pequeña y mediana empresa; es indispensable que éstas sean impulsadas para lograr un éxito estable (Vásquez, 2012). En esta época de competitividad internacional solamente prevalecerán las empresas cuyos objetivos primarios sean la velocidad de entrega y la calidad. Ya no son los grandes corporativos los que determinan el rumbo, sino las compañías más veloces en respuesta al cliente y en innovación (Socconini, 2008).

La manufactura es una filosofía de trabajo simple, profunda y efectiva que tiene su origen en Japón, enfocada a incrementar la eficiencia productiva en todos los procesos a partir de que se implanta la mejora continua en tiempo, espacio, desperdicios, inventario y defectos involucrando al trabajador y generando en él un

sentido de pertenencia al poder participar en el proceso de proponer sus ideas de cómo hacer las cosas mejor. El cliente en general lo que adquiere no es un producto o servicio sino una solución. La mejora continua como principio de que «todo puede mejorar» en cada uno de los pasos del proceso como en la producción en sí, representa un avance consistente y gradual que beneficia a todos, cumpliendo con las especificaciones de entrega en el tiempo y en el lugar exacto así como de la entrega en cantidad y calidad sin excederse.

Actualmente la empresa, no dispone de un sistema o método actualizado en la fabricación de sus productos, teniendo así un modelo de sistema productivo que no ha evolucionado y que esto se refleja en la productividad de la empresa. Otro problema es el personal en cuestión de las actividades de riesgo que se presentan día a día, habiendo trabajadores de edad avanzada que ya no deberían de trabajar en esas áreas, pero estos se niegan a ser transferidos a otra área. En cuestión de la materia prima e insumos, que la empresa manipula para la fabricación de sus productos, no existe una gran problemática ya que tienen un sistema de calidad en la recepción de estas.

De acuerdo con los reportes de producción facilitados, el proceso de manufactura de bridas presenta tiempos elevados de producción así como distintas formas de desperdicio, los cuales pueden ser causados por anomalías en la materia prima, la forma de trabajar con la misma, las herramientas e incluso el ambiente, las cuales afectan directamente la calidad de los productos ofertados.

Para que el surgimiento de la capacidad de competir entre las organizaciones se encuentre hoy en día se debe atribuir a Michael Porter con su concepto propuesto “cadena de valor” en donde se comprende identificar formas de generar beneficio para el cliente y con ello obtener ventaja competitiva (Atehortúa, 2008).

El objetivo es encontrar herramientas que ayuden a eliminar todos los desperdicios y todas las operaciones que no le agregan valor al producto o a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. El flujo de las actividades que integran un proceso debe ser semejantes por lo tanto debe ser continuo, optimizando recursos y eliminando toda actividad que no genere valor (espacio, capital y gente).

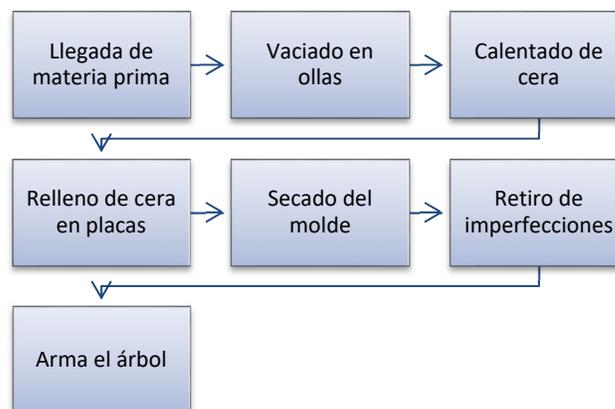
La principal ventaja del Mapeo de la Cadena de Valor es que muestra los tiempos muertos del flujo del proceso (valor no agregado) y por consiguiente una de las oportunidades de eliminar desperdicios es decir, reducción de costos (López, 2013). Al ser aplicada esta herramienta (VSM), se pretende tener un control en los tiempos de producción en los procesos y así evitar la formación de cuellos de botella, con la finalidad de incrementar la productividad y calidad de la empresa.

## Metodología

### Análisis del proceso

La empresa metalmecánica bajo estudio se inició en el ramo de la fabricación de conexiones sanitarias centrifugas sanitarias e industriales y válvulas de acero inoxidable. La gran demanda de productos obligó a la empresa a incrementar la capacidad de producción de estos, cuenta con distribuidores y filiales en diferentes partes de la república y el extranjero que pertenecen al mismo grupo.

El sistema de fundición empleado está basado en el proceso de cera perdida (Investment Casting), el cual consiste en vaciar el metal líquido en un molde cerámico llamado concha, luego de que el metal se enfría se retira la cerámica y se obtiene la forma que dejó el molde. El molde se forma a partir de la forma deseada, donde cada pieza va pegada a un tronco de cera, formando los árboles, una vez que esta seca la cerámica se extrae la cera con vapor de agua a alta presión, la ventaja de este proceso para la colada del acero inoxidable a alta temperatura por la fusión es que puede ser moldeado en arena para la creación de las piezas con figuras complejas tales como válvulas, propulsores de bombas, herramientas entre otros (García, 2003), dentro del área de producción de la empresa se cuenta con cuatro líneas de procesos de fabricación de tubería de acero inoxidable: Aceros Ferríticos Serie 400, Aceros Austeníticos Serie 300 y Serie 200, cada uno de los productos elaborados satisfacen la industria alimentaria, láctea, cervecera, refresquera, farmacéutica, etc. Dado que las actividades en una empresa son de suma importancia ya que se relacionan con la calidad del producto y/o servicio, el presente proyecto de investigación estará centralizado en la identificación de sus procesos y principales defectos en el área de fundición, así mismo diagnosticar las piezas producidas por día y mensual así como la demanda de los productos producidos.



**Figura 1.** Proceso de elaboración de molde.

Actualmente en la empresa, existen procesos extensos y dificultosos donde en algunos surgen defectos o desperdicios los cuales no cumplen con determinados estándares de calidad con respecto al producto final y tienen que volver a ser

reprocesados y no se originen grandes cantidades de desperdicios esta acción genera un espacio de tiempo ocioso el cual puede influir hacia la acción de cubrir la demanda. En la primera estación se vierten de manera manual a ollas de aproximadamente 30 litros las cuales están a fuego medio; y al estar derretida pasa por unos tubos, los cuales rellenan placas de acero ya con el molde adentro, este proceso es supervisado por una persona; de ahí se sacan para meter en agua y después se deja secar al aire por un tiempo de 5 a 10 min; al secarse las piezas pasan a una estación de eliminación de imperfecciones donde la persona encargada retira cada rebaba hasta lograr un molde completamente liso; al tener suficientes piezas empieza el armado de los “árboles” teniendo cuidado al hacerlo, ya que pueden quedar con algún tipo de saliente el cual afecte a la acción de vaciado de acero. A continuación, en la figura 2 se muestra una serie de fotografías que describen el proceso de fundición en molde.



**Figura 2.-** Proceso de fundición

### ***Análisis de la Problemática***

De acuerdo con el análisis del proceso de producción, se realizó un diagrama de causa-efecto o de Ishikawa, el cual es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (Gutierrez,2009). Los datos de la figura 3 fueron tomados de un periodo de un mes de observación, teniendo dos formas de ver los resultados, la primeras semana se reportaron más indicios de un cortado mal realizado.

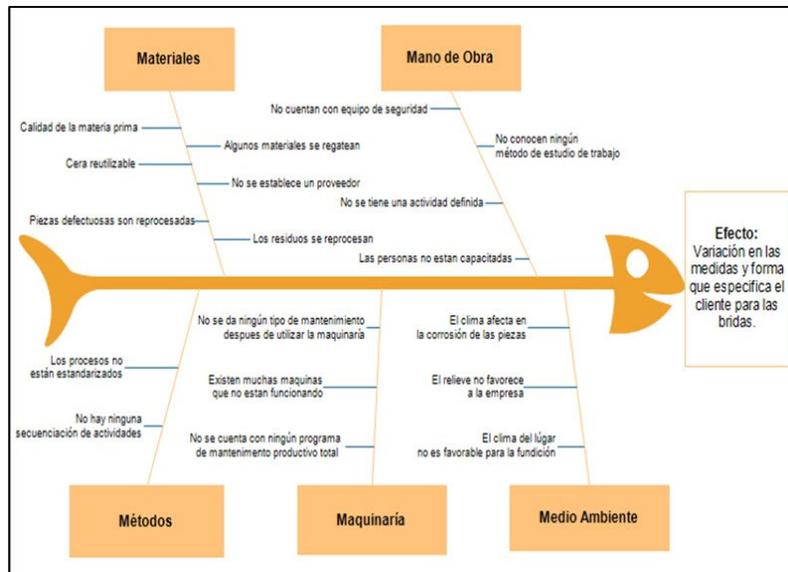


Figura 3.- Diagrama de causa y efecto para problemas identificados en el proceso de manufactura.

### Resultados y Discusión

De acuerdo con las problemáticas presentadas, se realizó un Mapeo del flujo del proceso (VSM) para organizar las actividades en el área de producción de Bridas el cual se identificó como una actividad crítica así como reducir los tiempos de operación en los procesos, con el estudio de cada una de las actividades de la empresa metalmecánica, permitirá entender y solucionar los factores que generan un retraso o cuellos de botella, así como identificar sus despilfarros, el procedimiento para realizar un mapa de valor: Establecer familias de productos y Crear el mapa de valor actual (ver Tabla 1).

Tabla 1.- Familia de productos.

Productos	Operaciones	Fundición de cera	Moldeado	Secado	Remover rebabas	Formación de árbol	Secado	Moldeado con cerámica	Secado	horneado de cerámica	Precocido	Vaciado del acero	Corte	Perforación	Pulido	Pruebas	Marcado	Inspección final	Total
Abrazadera	Abrazadera	120	7	20	7	X	X	10	13	60	25	15	17	X	25	13	10	14	356
Roscadas	Codos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	X	15	12	13	10	60
Soldable	Cruz	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	X	17	12	13	10	64
Otras	Bridas	118	6	15	9	18	30	5	13	60	25	12	16	18	24	14	13	11	416

El inventario es calculado teniendo en cuenta la cantidad de piezas en proceso por centro de trabajo (ver tabla 2 y 3). La materia prima se calcula por partes o grupos específicos.

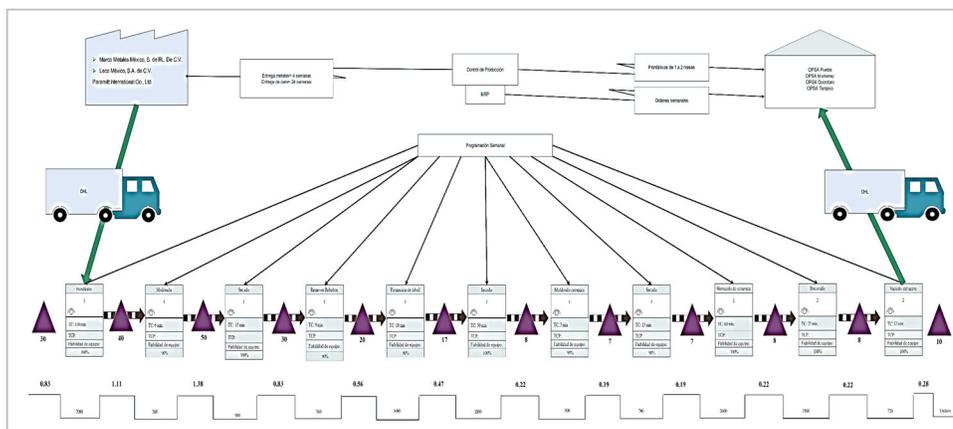
**Tabla 2.-** Proceso de producción de bridas Fase 1.

Centro de trabajo	Cantidad de piezas	Días de inventario
Materia prima inicial	30 kg	0.83
Fundición	40 pza.	1.11
Moldeado	50 pza.	1.38
Secado	30 pza.	0.83
Remover rebabas	20 pza.	0.56
Formación de árbol	17 pza.	0.47
Secado	8 pza.	0.22
Moldeado con cerámica	7 pza.	0.19
Secado	7 pza.	0.19
Horneado de cerámica	8 pza.	0.22
Precocido	8 pza.	0.22
Vaciado del acero	10 pza.	0.28

**Tabla 3.-** Proceso de producción de bridas Fase 2.

Centro de trabajo	Cantidad de piezas	Días de inventario
Materia prima	33 pza.	0.92
Corte	35 pza.	0.97
Perforación	32 pza.	0.89
Pulido	27 pza.	0.75
Pruebas	17 pza.	0.47
Marcado	17 pza.	0.47
Inspección final	10 pza.	0.27

Un mapa de valor es una representación gráfica de elementos de producción e información que permite conocer y documentar el estado actual de un proceso, es la base para el análisis del valor que se aporta al producto o servicio, y es la fuente del conocimiento de las restricciones reales de una empresa, ya que permite visualizar en donde se encuentra el valor y en donde el desperdicio. En la figura 4 podemos observar y entender el flujo de la información y el Flujo de los materiales, ya que una empresa de manufactura no solo fabrica bienes, sino que también produce información.



**Figura 4.-** Mapa del flujo de valor fase 1 producción de bridas.

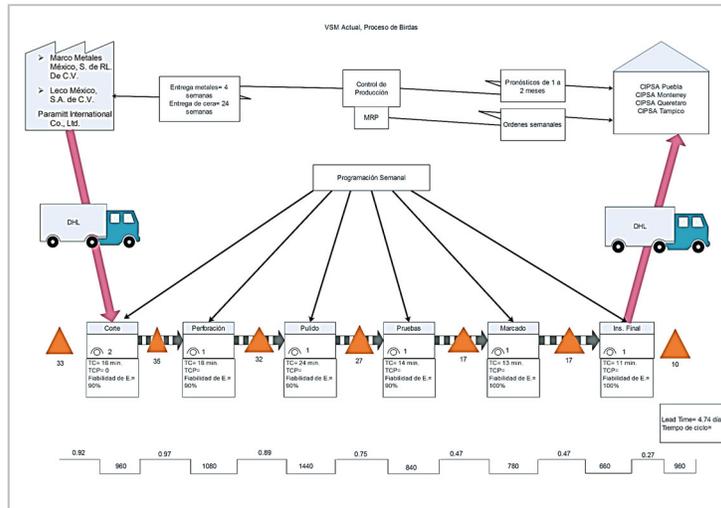


Figura 5.- Mapa del flujo de valor fase 2 producción de bridas.

Con la aplicación de esta herramienta se pudo entender completamente el flujo y, principalmente, las actividades que no agregan valor al proceso y es fundamental para establecer planes de mejora con un objetivo y un enfoque más preciso (ver figura 5).

**Conclusiones**

Debido a la gran variedad de productos que se fabrican, la línea de producción debe ser flexible para adaptarse a los cambios en las demandas de los clientes y poder entregar en tiempo y forma los productos ya que para ellos la satisfacción de sus clientes es lo más importante. Así mismo existen grandes rasgos de inestabilidad con respecto a la organización de cada área dentro de la empresa, a pesar de ello los trabajadores así como responsables, y personal perteneciente a esta empresa manejaba técnicas para controlar este tipo de detalle y que el tiempo de sus procesos no se vieran interrumpidos.

Es evidente que los defectos son inherentes a todo proceso de manufactura y que no se puede lograr su eliminación total, pero a través de este proyecto y de la aplicación de las herramientas antes mencionadas, se pudo reducir en un 23% los defectos en el área de producción de bridas el cual estaba catalogado como un proceso crítico para la obtención del producto terminado. Con el desarrollo del presente proyecto de investigación se obtuvieron los siguientes beneficios: Visualizar todas las operaciones e información de una familia de productos, detectar áreas de oportunidad, reconocer formas de desperdicio, conocer detalladamente el proceso y detectar cuellos de botella.

Es importante mencionar que el alcance de este trabajo fue realizar la ejecución de herramientas como el diagrama de causa-efecto, diagrama de flujo de proceso para la fabricación de bridas y respecto al VSM se desarrolló acerca del estado actual puesto que en primera instancia no existía ninguna documentación o herramienta que mostrara el comportamiento del flujo de los procesos en la empresa, la

implementación del VSM futuro esta planteado como una segunda etapa de este proyecto el cual buscara siempre la mejora continua dentro de esta organización.

### **Agradecimientos**

Al Instituto Tecnológico Superior Huauchinango por su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto, a las academias de Ingeniería Industrial, Mecatrónica e Informática, así como a los cuerpos académicos Tecnología Aplicada y Sistemas Mecatrónicos.

### **Referencias**

1. Groover, M. P. (2003). Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas. MC GRAW.
2. Vásquez, W. J. (2012). Ingeniería y Procesos de Manufactura I. Editorial Universitaria.
3. Socconini L. (2008), Lean Manufacturing Paso a Paso, Duodécima edición, Norma.
4. Atehortúa F. A., Bustamante R. E., Valencia de los Ríos J. A. (2008). Sistema de gestión integral. Una sola gestión, un solo equipo. Gestión y conocimiento Ltda. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia.
5. López B. N. (2013). Mapeo de la Cadena de Valor" (VSM) como Estrategia de Reducción de Costos. Tesis, Universidad Autónoma de Baja California.
6. Mier Ríos, A. A. (2006). Mapeo de la Cadena de Valor. México: Tesis uson.
7. Rajadell M., José Sánchez L. (2010). Lean manufacturing, la evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España.

## IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TEIAN SEIDO EN LA EMPRESA RASSINI FRENOS S.A. DE C.V.

**A. Santos-Osorio<sup>1</sup>, Y. Soto-Leyva<sup>1,2</sup>, R. Bones Martinez<sup>1</sup>, M. Flores-Monter<sup>1</sup>, N.M. Rodríguez-Batalla<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango; Rafael Cravioto Numero 15 Col.Centro Huauchinango Puebla [a\\_santos@hotmail.com](mailto:a_santos@hotmail.com), [ni\\_m\\_say88@hotmail.com](mailto:ni_m_say88@hotmail.com), [rosybones4@hotmail.com](mailto:rosybones4@hotmail.com), [mawi\\_enano@hotmail.com](mailto:mawi_enano@hotmail.com), [nancy.roba@hotmail.com](mailto:nancy.roba@hotmail.com), <sup>2</sup>*División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango [ni\\_m\\_say88@hotmail.com](mailto:ni_m_say88@hotmail.com), [nancy.roba@hotmail.com](mailto:nancy.roba@hotmail.com)**

*Área de participación: Manufactura esbelta y calidad (IIN)*

**Resumen:** Las condiciones operativas de las líneas de producción en las industrias de la transformación y de servicios dependen directamente del desarrollo humano y de la información que ellos aportan para el mejoramiento de la calidad o la eliminación de las fuentes que originan reprocesos. Esto ha generado nuevos sistemas de información con el objeto principal de involucrar al personal en la generación de ideas de mejora, pasando posteriormente por un proceso de evaluación para poder ser implementadas en la solución de problemas emergentes institucionales, es decir, trabajando todos los involucrados de la organización. La metodología Teian Seido es considerada un sistema de flujo de información que necesita como herramienta principal un buzón de sugerencias, como centro de recopilación de ideas generadas por el personal que se encuentra directamente involucrado con las áreas bajo estudio y/o que presentan mayores índices de error, baja productividad, fallas de calidad, retrabajos, entre otros. Los retrabajos son fuente de pérdidas económicas para Rassini Frenos S.A. ya que en reportes históricos referentes a las producciones mensuales de ventilas sea presentado un promedio de 36% de retrabajos en piezas con respecto al total de sus piezas fabricadas. Por lo que se decide implementar la metodología Tein Seido para controlar y eliminar las fuentes que están originando los niveles altos de reprocesos, logrando disminuir en un 14% los reprocesos. Tein Seido en Rassini Frenos S.A. representa una herramienta de cambio que integra de manera positiva a los operadores, los sistemas de calidad y la productividad de la organización.

### Introducción

Hoy en día los retrabajos se han convertido para las empresas en su mayor enemigo por el consumo extra de recursos, además de ser uno de los desperdicios de Lean Manufacturing se hace presente bajo múltiples apariencias y son muchas sus posibles causas como puede ser mano de obra, materia prima, métodos, procesos entre otros. El retrabajo es uno de los problemas más grandes y puede llevar a una empresa a perder mucho dinero.

Por lo anterior, para reducir problemas y mejorar los procesos es necesario aplicar estrictamente herramientas de lean Manufacturing, en este caso para disminuir el retrabajo de las piezas del modelo F1102 en la empresa Rassini Frenos S.A. de C.V. es necesario la implementación de la metodología del Teian Seido conocida también como buzón o sistema de sugerencias que, traerá consigo como resultado mayor participación de los trabajadores y por parte de los gerentes, todos trabajando en equipo con una sola meta para que los involucrados tengan beneficios como mayor seguridad, mayor productividad y calidad en los productos.

La idea de la implementación de la metodología Teian Seido se debe a que en toda organización los trabajadores al convivir de cerca con los procesos, conocen las causas que están originando los problemas y que suelen ser desconocidas por la

gerencia. Dichos conocimientos son recolectados por la información redactada y colocada en los buzones de sugerencias. En otras palabras, estos buzones sirven para que se plasmen todas esas ideas de mejora suministradas por el trabajador.

La metodología Teian Sedo, presenta una serie de pasos que se exponen a continuación:

1. Concientizar y sensibilizar la alta gerencia y personal en general.
2. Colocar buzones en las áreas de trabajo.
3. Elaborar formatos para que se registren las ideas de mejora propuestas por los empleados.
4. Colocar formatos en los buzones.
5. Recoger los formatos de los buzones y registrar.
6. Coordinar con el gerente la revisión.
7. Establecer fechas compromiso.
8. Desarrollar la propuesta.
9. Documentar el cierre de la propuesta.
10. Los gerentes evalúan las mejores propuestas.
11. Se premia por parte de Recursos Humanos las propuestas ganadoras.

Lo anterior con la finalidad de disminuir el retrabajo, evitando pérdidas de recursos innecesarios, todo gracias las aportaciones de los colaboradores de la empresa Rassini Frenos S.A de C.V.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Ricardo Hirata (1963) comenta que la mayoría de las empresas para escuchar la voz de sus colaboradores se basan en correos como el buzón de sugerencias, o directamente con los gerentes, estas ideas son efectivas si se enfocan a una idea definida que traerá beneficios a la empresa.

Los buzones de sugerencias para promover todas las ideas de mejora y de innovación tienen su origen en el sistema japonés “Teian Seido” (Sistema de propuestas del personal).

Según el Instituto de Lean kaizen el 23 de junio de 2013 publico que un segmento muy importante del Kaizen es el sistema de sugerencias, la gerencia debe desarrollar un plan bien estructurado para asegurar que el sistema de sugerencias sea dinámico y de buenos resultados.

Empresas como Canon y Matsushita gracias al buen sistema de sugerencias que manejan obtienen miles de sugerencias al año y con un alto nivel de ganancias económicas, un ejemplo de Canon ha sido que uno de sus trabajadores para limpiar las lentes de las cámaras utilizaba un papel especial y altamente caro, este detecto que podía hacer el trabajo y con la misma calidad usando isótopos de algodón o cotonetes que vendían en el supermercado. Esta mejora hacía el trabajo mucho más sencillo y económico.

Un sistema de sugerencias hace que el trabajador no solo sea una máquina que trabaja sin para si no los convierte en seres pensantes que trabajan de una manera positiva siempre buscando la manera de mejorar su trabajo.

William Edwards Deming (1900-1993) y Joseph Moses Juran (1904-2008) posterior a la segunda guerra mundial llevaron a Japón el sistema de sugerencias por TWI (Training Within Industries) y por US. Air Force.

Muchos empresarios después de haber visitado Estados Unidos aprendieron acerca del sistema de sugerencias que manejaba para implementarlos en sus empresas, Una vez que los japoneses aprendieron el estilo del sistema de sugerencias de América, crearon el suyo, a diferencia que ellos realzaban la parte moral del trabajador y no el ahorro como lo hacían los americanos.

Hoy en día los sistemas de sugerencias en Japón son desarrollados en las grandes empresas de manufactura y cerca de la mitad de las empresas pequeñas y medianas, de acuerdo a las Relaciones Humanas en Japón los principales temas de sugerencias en empresas japonesas son para mejorar las áreas de trabajo, ideas para nuevos productos, ambiente laboral, seguridad entre otros.

También, Matsushita en 1995 fue la empresa con mayor número de sugerencias, alcanzo los 6 millones, otras empresas importantes como Canon, Hitachi, Aisin-Warner entre otras utilizan el sistema de sugerencias siempre buscando premiar y compartir los ahorros con los trabajadores que han propuesto las ideas, Canon el 1983 genero 390 sugerencias de aproximadamente \$84 millones, esto con un gasto de \$1.08 millones.

Según el portal web de “la gestión, calidad y mejora” el Teian Seido es una metodología japonesa, que nace como un buzón de propuestas de mejora

Esta metodología es de carácter sencillo y no se necesita de resolverlas en equipo y por tiempos prolongados, por lo que con esta herramienta se ahorran las empresas todos estos costos, de esta forma las organizaciones trabajan de una forma más eficiente y escuchando la propuesta de mejora de todos los colaboradores de la empresa sin importar jerarquías.

De acuerdo con Imai Masaaki (1997) el Teian seido es conocido como sistema de sugerencias japonés, es un formato donde el personal plasma sus ideas de causa sencilla y las lleva a la práctica.

En agosto de 1721, se colocó en la entrada takinoguchi del castillo de Edo un buzón llamado meyasubako que decía “Da a conocer tu idea. Se premian las ideas aceptadas”, por orden de yoshimune tokugawa, donde los ciudadanos podían depositar sus sugerencias y de esta forma el rey podía saber cuáles eran las inquietudes de su pueblo y las mejores propuestas eran premiadas, un hombre llamado Sensen Ogawa escribió una propuesta para iniciar prestación de salud pública, también una propuesta dio paso al desarrollo de la política de lucha armada por la ciudad.

Hace unos 100 años en Escocia William Denny un armador escoses les pidió a sus trabajadores ideas para construir barcos a bajo costo.

En Estados Unidos un trabajador de Eastman kodak, llamado William Connors, recibió un premio de dos dólares en 1898 por sugerir que las ventanas fueran limpiadas para mantener los puestos de trabajo más iluminados. Frank lovejoy, el supervisor que aceptó la sugerencia de connors, se convirtió después en presidente

de kodak. Por tanto, el Teian Seido es un sistema que permite la comunicación entre personal en línea y gerencia hacia la mejora continua.

La mejora continua es una herramienta que tiene como objetivo optimizar y aumentar la calidad de un producto, procesos o servicio, se le debe dar seguimiento en forma constante y establecer un plan para ir mejorando poco a poco los objetivos.

A continuación, se presentan algunos apartados de lo que es la mejora continua según los siguientes autores.

- James Harrington (1993), la mejora continua significa cambiar algo para hacerlo más efectivo.
- L.P. Sullivan (1CC 994), define la mejora continua como un esfuerzo para hacer mejoras en las áreas y dar un buen resultado al cliente.
- Eduardo Deming (1996), dice que la administración requiere de un proceso constante que se llama mejora continua.

### Resultados y Discusión

A continuación, se presentan todas las herramientas que se desarrollaron para conocer las causas que provocan las ventilas obstruidas en las piezas del modelo F1102 en el área de acabado planta 3.

En la siguiente tabla (Tabla 1) se menciona el número de rechazo de piezas en el Modelo F1102 en el área de acabado planta 3, enero - octubre 2014, dando como resultado un promedio del 39%, una vez que se desarrolló la metodología Teian Seido, se encontró que la causa raíz era la alta temperatura del metal, lo que hizo que se disminuyera; después, se tomaron nuevas muestras, observando que en noviembre se tuvo un resultado de tan solo un 7.5% de retrabajos a comparación con el último mes se ve un decremento del 28%.

**Tabla 1: Plan de producción F1102 2014**

Fuente: Elaboración propia

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Piezas Producidas	19,697	19,984	22,209	19,799	21,344	21,408	16,153	22,794	21,287	23,515	20,720	16,889
Piezas Reprocesadas	6,320	7,338	9,063	9,365	8,351	8,352	7,354	9,874	7,536	8,352	1,505	
Porcentaje de Reproceso	32%	37%	41%	47%	39%	39%	46%	43%	35%	36%	7.5%	

El promedio de retrabajos observados de enero a octubre de 2014, fue de 39%. De igual manera, se tomaron 30 muestras para observar el número de piezas retrabajadas durante 30 días, del 20 de septiembre al 31 de octubre de 2014. Se observa que existen un retrabajo de 36% debido a ventilas obstruidas, este es un gran problema para la empresa debido a que invierte más recurso de lo necesario.

Durante el desarrollo de la metodología, se detectó la causa raíz que provoca ventilas obstruidas, es decir cuando la temperatura es muy alta al vaciarla sobre los corazones, estos se rompen y tapan las ventilas. Al mismo tiempo que se tomaron las muestras de piezas retrabajadas, se tomaron 30 muestras de temperatura

durante el proceso del modelo F1102. Para ver que tan fuerte es la correlación y su nivel de eficiencia entre la temperatura y el número de piezas retrabajadas se elaboró un diagrama de dispersión, observando que el valor del coeficiente de correlación es de,  $r^2= 0.90$ , el valor de este coeficiente está comprendido entre 0.9-0.99, en este caso hablamos de una correlación positiva muy alta, es decir, mayor temperatura mayor número de ventilas obstruidas.

Para poder controlar este problema se aplicaron pruebas en la temperatura del metal para ver cuál es la temperatura idónea para evitar ventilas obstruidas. Para verificar que tan estable es la temperatura de acuerdo con sus límites de control establecidos se extrajeron muestras y se graficaron para visualizar el comportamiento tomando un imite de control superior =1540°C y, un límite de control inferior =1480°C

De igual manera se analizaron las temperaturas a las cuales se moldea el disco F1102 y, observamos que está a un paso de salirse de los límites especificados (Ver Figura 1), por lo que se tiene que tomar medidas antes de que el proceso se salga de control y para eso se verificara a que temperatura el área de fusión está enviando el metal.

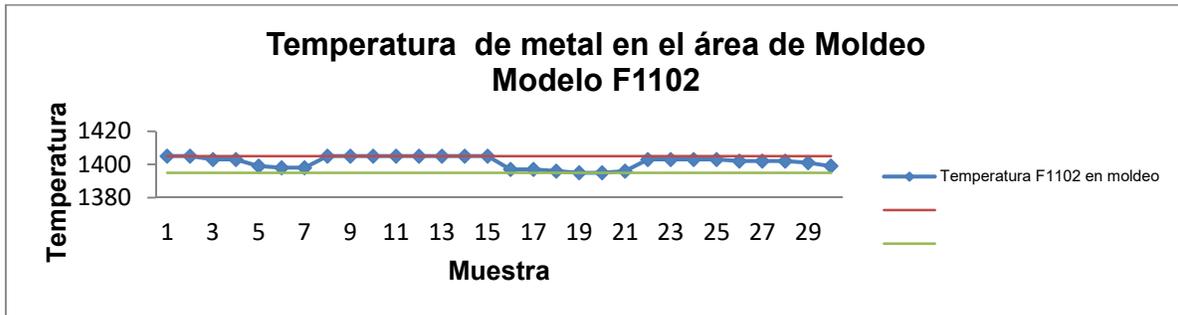


Figura 1. Temperatura del metal.

El área de fusión no debe pasar metal a moldeo, menor de los 1480 °C, sus límites de control son 1480°C – 1540°C (Ver Figura 2) observamos algunos puntos en los que la temperatura está a punto de rebasar los límites de control.

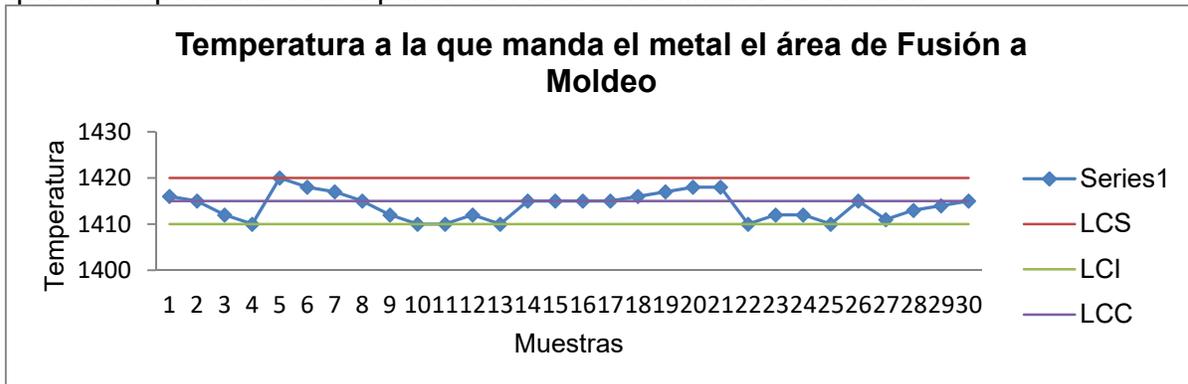
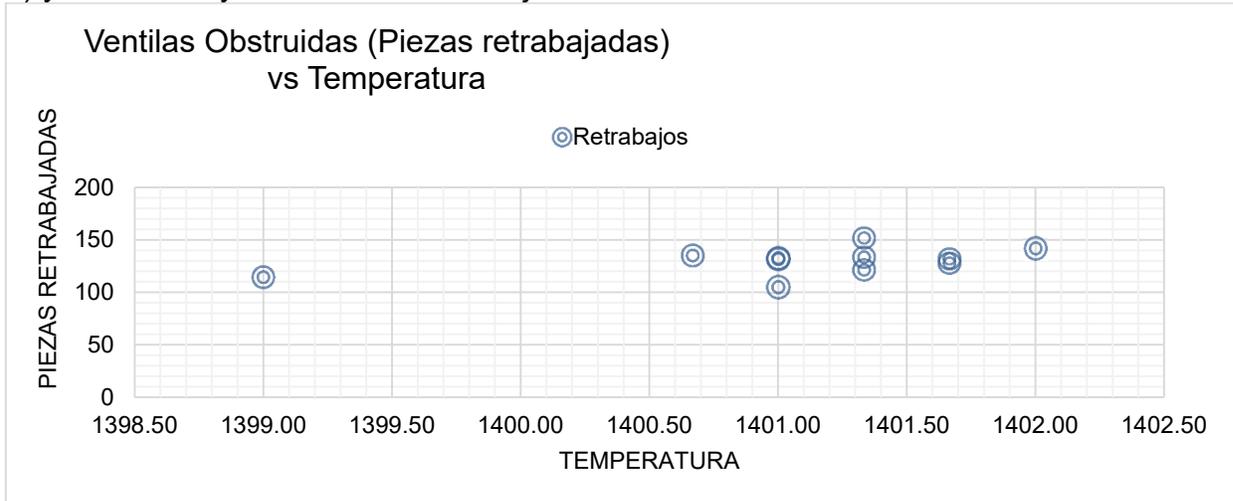


Figura 2. Temperatura a la que manda el metal.

Para Verificar cuanta temperatura se pierde en el traspaso de metal de una estación a otra, el recorrido es de 1.5 minutos, se hace una diferencia y los resultados indican que se pierde un promedio de temperatura equivalente a 89.77 °C.

Una vez que se le realizaron una serie de pruebas se le indica al área de fusión que envíe a moldeo el metal 20°C menos es decir a 1470°C la temperatura ideal, se obtuvieron resultados en la temperatura como se muestra en la gráfica (Ver Figura 3) y se disminuyó un 28% de retrabajo.



**Figura 3.** Ventilas obstruidas.

Podemos observar que el número de piezas retrabajadas ha disminuido considerablemente si comparamos el porcentaje de octubre con noviembre 2014 hay un decremento del 28% de retrabajo.

## Conclusiones

La metodología Teian Seido se recomienda para problemas de toda índole, ya que es un proceso muy sencillo y trae consigo grandes resultados. Como en el caso de la empresa Rassini Frenos S.A. de C.V. el retrabajo en el modelo F1102 se encontraba en un 39% y gracias al desarrollo de la metodología Teian Seido también conocida como Sistema Japonés de Sugerencias disminuyo en el mes de noviembre a un 11% comparando con el porcentaje de enero- octubre 2014 se pudo observar un resultado del 28 %de retrabajos en las piezas del modelo F1102 que se producen en el área de acabado Planta 3 y la temperatura del área de fusión y moldeo se encuentran estables. El sistema Teian Seido es confiable porque los resultados afirman que el seguimiento de esta metodología permite eliminar por completo el retrabajo.

Los resultados alcanzados se presentaron en distintos módulos los cuales son: Disminución de retrabajo y la tendencia definida de mejora (Ver figura 4), disminución y estabilización del comportamiento de la temperatura en el área de fusión (Ver Figura 5), disminución y estabilización del comportamiento de la temperatura en el área de moldeo (Ver Figura 6),

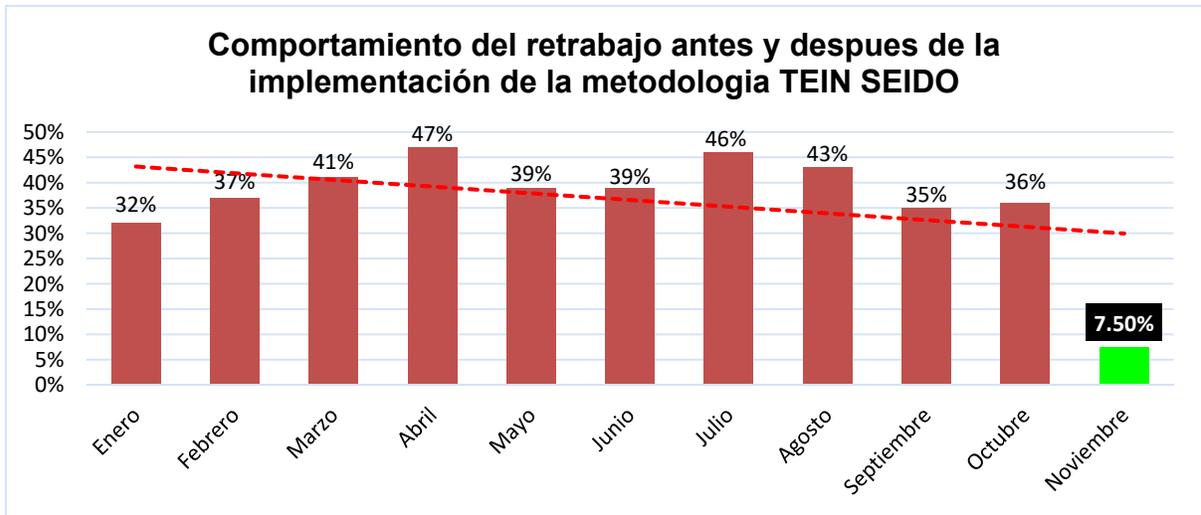


Figura 4. Análisis de comportamiento de retrabajo

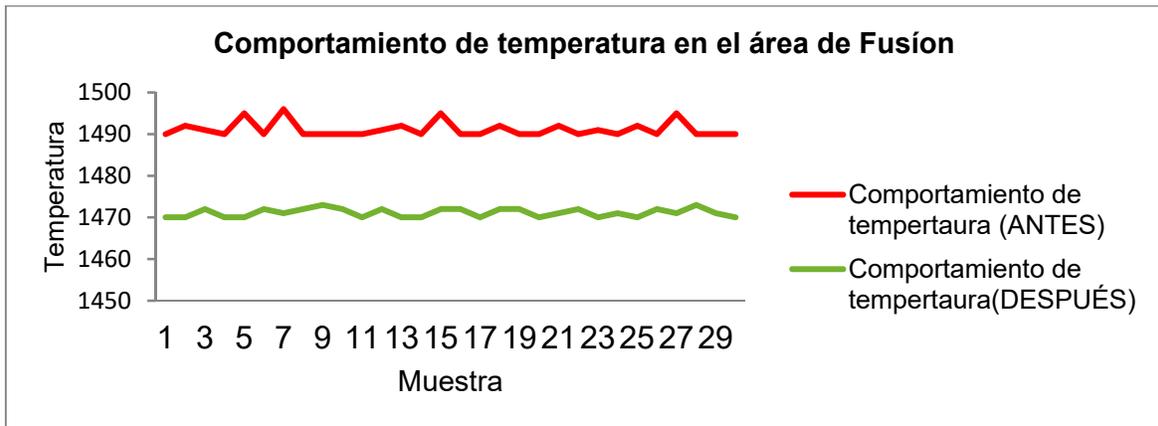


Figura 5. Disminución del comportamiento de la temperatura en el área de fusión

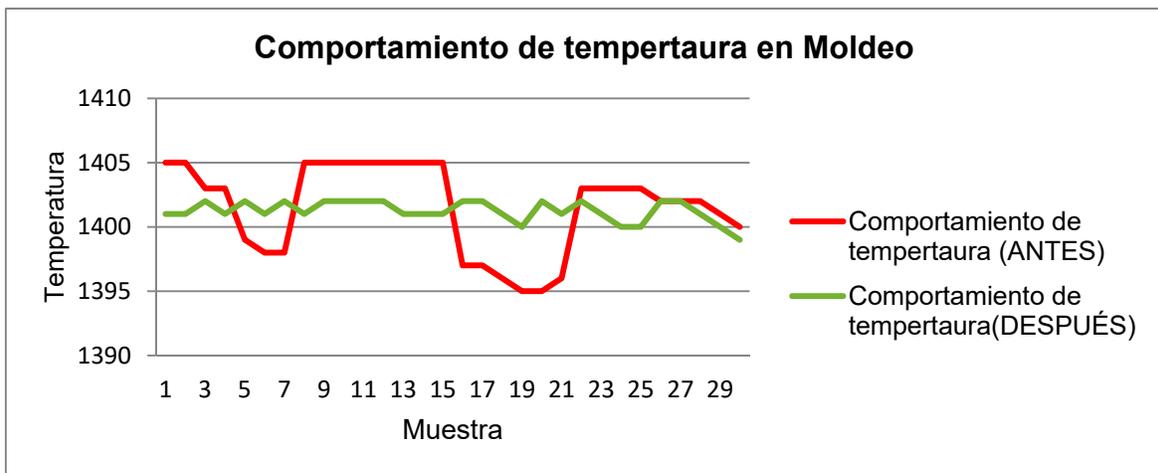


Figura 6. Disminución y estabilización del comportamiento de la temperatura en el área de moldeo

## **Agradecimientos**

Se agradece a la empresa RASSINI FRENOS S.A DE C.V. el haber permitido el desarrollo de este proyecto, denominado implementación de la metodología Teian Seido , al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango y a la división de Ingeniería Industrial las facilidades prestadas para la elaboración del artículo presentado.

## **Referencias**

1. Masaaki. Imai; Gemba Kaizen; Macgraw Hill; EUA, 1997
2. Roberto. Garcia Criollo; Estudio del trabajo Ingeniería de Métodos y Medición del trabajo; Macgraw Hill, Segunda Edición; Pag. 53
3. Nebel. Frievalds; Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y Diseño del trabajo; Alfaomega, 11 Edición; Pag. 10
4. Nebel. Frievalds; Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y Diseño del trabajo; Alfaomega, 11 Edición; Pag. 24
5. <sup>1</sup>Arias. F; Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica 5º Ed, Caracas; Espíteme Pag. 16 2006
6. Tamayo y Tamayo; El Proceso de la Investigación Científica; Limusa Noriega Editores; 4ta Edición; México; 2003.
7. Douglas C. Montgomery; Statistical Quality Control; Second Edition Pag. 181.

# IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA HOSHIN KANRI PARA EL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO DE UNA CARPINTERIA, UN CASO DE ESTUDIO

**E.J. Cruz-Solís<sup>1</sup>, I. Reyes-León<sup>2</sup>, J. C. Martínez-Hernández<sup>1</sup>, M. Cruz-Luna<sup>3</sup> y A. Villalba-Esteban<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango- [edgar.itsh@gmail.com](mailto:edgar.itsh@gmail.com), [julio.cmh@hotmail.com](mailto:julio.cmh@hotmail.com) <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango- [ingivanreyes\\_tec@hotmail.es](mailto:ingivanreyes_tec@hotmail.es), <sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango- [mcruzl@hotmail.com](mailto:mcruzl@hotmail.com), Av. Tecnológico No. 80 Col. 5 de octubre, Huauchinango, Puebla.

**Área de participación:** *Manufactura esbelta y calidad (IIN)*

**Resumen:** La gestión Hoshin Kanri es un estilo de dirección que coordina las actividades de los miembros de una organización para lograr objetivos clave, reaccionando rápidamente a un entorno cambiante, y con la implantación de la metodología 5S en el cual es importante en una organización que está siempre relacionada con la mejora de procesos en aspectos como son: la calidad del trabajo, la productividad de la empresa, y la competitividad que ésta pueda ofrecer. Asimismo, las tareas realizadas durante una implantación y posterior mantenimiento de dichos sistemas están orientadas a reforzar las prestaciones y el buen hacer en cada uno de los puestos de trabajo. La presente investigación se basa en la aplicación de las herramientas Hoshin Kanri y 5S para la mejora en el proceso de producción dentro de una carpintería ubicada en la ciudad de Huauchinango, Puebla, en el cual se ha observado que no existe un flujo de procesos, es decir, no se cuenta con un registro de entradas de materia prima y salidas de productos terminado, así como también el proceso de fabricación de los muebles no tiene un sistema de producción estandarizado. Con estos métodos se obtendrán la mejora de los tiempos de trabajo y las condiciones laborales, siguiendo un procedimiento cuyo objetivo es lograr la calidad del espacio en el que se va trabajar, así como también la estandarización del proceso. De forma básica, la finalidad es reducir el desperdicio de material, asegurar el rendimiento, la eficiencia y mejoramiento de la productividad.

**Palabras Clave:** *Producción, estandarización, metodología.*

## Introducción

En la actualidad, las empresas están experimentando una variedad de cambios, es por ello que se requiere estudiar los factores que se manifiestan en ellas. Estos cambios son interesantes, ya que, las empresas deben de estar conscientes de que la competencia está en constante evolución buscando estrategias para estar con cierta ventaja competitiva.

Las pequeñas y medianas empresas, a diferencia de las grandes organizaciones son las que menos actividades económicas de innovación realizan, así mismo es necesario que este tipo de empresas adquieran la cultura de innovación para poder distinguirse de las demás en su sector.

Cada uno de los objetivos de la alta dirección, así como los objetivos menores que se van generando en cascada hacia los niveles inferiores, se denomina Hoshin. La gestión Hoshin comienza por la adaptación de la visión y los planes a largo plazo de la organización a los cambios del entorno económico y social [1].

En [2], utilizan el seno de un proceso de planificación estratégica donde se ha contemplado de forma secuencial la integración de herramientas evaluadoras contrastadas (modelo de excelencia EFQM y modelo GIB para el entorno interno y externo, respectivamente), así como técnicas que relacionaran los aspectos estratégicos y operativos (modelo Hoshin Kanri) para el despliegue por políticas.

En [3], presenta los hallazgos encontrados en las empresas medianas y grandes que han implantado la metodología japonesa de 5S's y los efectos que ocasiona dicha implementación en las variables del desempeño operativo : manejo ecológico de desperdicios, instalaciones seguras en la empresa, imagen con el cliente interno, incremento en los estándares de calidad, incremento de la productividad, disminución del número de accidentes, imagen con el cliente externo y disminución de la cantidad de reproceso.

En [5], demuestran un análisis de una MiPyME dedicada a la fabricación de equipo para serigrafía que, como toda industria, enfrenta los embates de esta situación, por lo que se realiza un estudio que tiene como resultado la generación de un diagnóstico de su actual situación, para proponer estrategias que permitan su sobrevivencia y el éxito futuro, en mercados cambiantes y emprendedores.

En [7], trabajo que está basado en un estudio de caso aplicativo de la metodología denominada 5's que los autores implementaron con éxito en una compañía manufacturera ecuatoriana, especializada en piezas de aluminio para su exportación.

En el presente trabajo de investigación plantea como objetivo general el implementar metodologías con la gestión Hoshin Kanri y el sistema 5S dentro de una carpintería, un caso de estudio, donde su principal función es la fabricación y construcción en muebles para el hogar, ubicada en la Ciudad de Huauchinango, Estado de Puebla, México, cuyo problema principal se ve reflejado en la falta de un proceso estandarizado, falta de organización en la llegada de la materia prima y salidas del producto terminado, generando pérdidas económicas, desperdicio de material y tiempos. Teniendo como objetivos específicos, estandarizar el proceso de producción para la reducción de tiempos, así mismo generar una metodología al momento de la fabricación de muebles que genere un aumento significativo en ventas y que dicho establecimiento cuente con una filosofía para su crecimiento e innovación futura.

## **Metodología**

### ***Diagnóstico del proceso***

El presente proyecto de investigación busca identificar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos, pretende explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da. Dicho esto, concluimos que el tipo de investigación será de modo explicativo, pues trata de dar explicación al "por qué" de los defectos que ocurren en esta empresa y cómo solucionarlos. Se llevó a cabo una serie de actividades mostradas en la Tabla 1 y 2 para determinar las causas principales de defectos en los productos.

**Tabla 1.** Código de defectos en los productos

X	0	/	*	+
Ralladuras	Golpes	Porosidad	Retardos	Mal trabajo

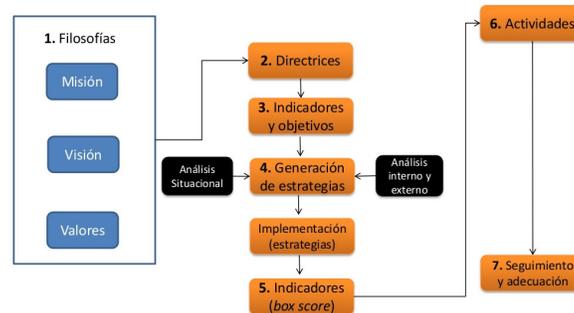
**Tabla 2.** Contabilización de defectos.

Tipo de Defectos	Cantidad de defectos
Ralladuras	32
Golpes	40
Porosidad	28
Retardos	9
Mal trabajo	2

La mayoría de los defectos presentados en la tabla 2, son debido a que la organización de la empresa es deficiente, por falta de mejoras en sus procesos, de acuerdo al planteamiento se implementa la herramienta Hoshin Kanri, según [8] ayudará a direccionar el objetivo del negocio, ayudando a dar solución a algunos problemas del negocio desde la alta dirección hasta los operadores.

### **Procedimiento para llevar a cabo el plan Hoshin Kanri**

Para la ejecución de la gestión Hoshin Kanri fue necesario ejecutar el proceso tal y como se observa en la Figura 1.

**Figura 1.** Procedimiento de un plan Hoshin Kanri

#### **1. Establecer las filosofías de la empresa.**

En este punto se realiza un análisis estratégico a la empresa que permita establecer la Misión, Visión y Valores, establecidos por los directivos y la gerencia general para definir el rumbo de la organización, este proceso es de vital importancia y debe de ser correctamente desarrollado haciéndolo formal y estructurado.

#### **2. Establecer directrices.**

Esta etapa consiste en identificar las categorías funcionales más importantes en la empresa para su mejor funcionamiento, que a su vez muestra la base de puntos críticos que se deben analizar antes de establecer los objetivos a corto y largo plazo. Para cumplir esta etapa se da respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Qué propuesta de valor esperan nuestros clientes?

Para identificar la propuesta de valor que esperan nuestros clientes se analizarán los requisitos de todos los clientes actuales y las especificaciones de la empresa, y así identificar los de mayor importancia y la relación entre sí. Ver Tabla 3.

**Tabla 3.** Requerimiento del cliente con ponderaciones.

Requerimientos del cliente	Ponderación de importancia
1. Entrega a tiempo	3
2. Calidad en el producto	3
3. Notificaciones de envió	2

Ponderaciones: *Muy importante = 3 Importante = 2 No importante = 1*

¿Qué resultados espera de nosotros la dirección del negocio?

Se realiza un análisis FODA (ver Tabla 4) para evaluar la situación en que se encuentra el negocio de forma interna y externa que consiste en identificar los 4 elementos que forma un análisis FODA.

**Tabla 4.** Análisis FODA.

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedad de productos</li> <li>• Operarios con experiencia</li> <li>• Reconocimiento de los clientes en calidad</li> <li>• Tiempo en el mercado</li> <li>• Precios accesibles</li> <li>• Ubicación geográfica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de clientes por la recomendación y reconocimiento de clientes actuales</li> <li>• Buena distribución a diferencia de la competencia</li> <li>• Entrega al cliente domiciliaria</li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de arrendamiento de muebles</li> <li>• Entrega de algunos productos al cliente con ralladuras y golpes</li> <li>• Sobre inventario de producto terminado en almacén</li> <li>• Retraso de entrega</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tien e dos competidores</li> <li>• Incremento de precios en la materia prima</li> <li>• Ingreso de nuevos competidores similares a nuestro en el mercado</li> <li>• Deserción de mano de obra cuando ya han adquirido destreza.</li> </ul>

¿Qué debemos hacer para construir el estado futuro que deseamos?

Matriz de relaciones de especificaciones de la carpintería y con los requerimientos del cliente mostrados en la Figura 2.

Especificaciones de la empresa <i>Cómo's</i>	Requerimientos del Cliente <i>Qué's</i>	Importancia	Cumplir plazos de entrega	Atención al cliente	Producto sin ralladuras	Producto sin golpes	Producto sin rugosidades	Comparación con la Competencia		
								Mejor	Igual	Peor
Entrega a tiempo	3	9	9	9	9	9		x		
Calidad en el producto	3	3	1	9	9	9		x		
Notificación de envió	2	9	9	9	9	9			x	
Importancia Técnica		54	48	72	72	72				
Características		Di/a	Si / No	Si / No	Si / No	Si / No				
		o	Si	Si	Si	Si				

**Figura 2.** Establecimiento de filosofías de la empresa.

### 3. Establecer objetivos estratégicos

En esta etapa se establecen los objetivos estratégicos que permiten alcanzar los indicadores que se establecieron con los análisis que se realizaron anteriormente, los indicadores son los siguientes: entrega a tiempo y calidad en el producto.

### 4. Generar estrategias

Las estrategias son las acciones que se llevarán a cabo para lograr los objetivos a largo plazo. La estrategia define una estructura conceptual o marco de referencia para orientar las acciones.

*Etapa 0: Planeación y preparación.*

De acuerdo a [8], el primer paso es proponer un curso de capacitación a todo el personal, en el que se explique qué son las 5 S's, para que servirán y cómo se llevará a cabo su implementación. Seguido de esto, se establece los responsables de cada área.

### Implementación de las 5S

Los pilares del sistema 5S son: 1) clasificar (seiri), 2) poner en orden (seiton), 3) pulir (seiso), 4) estandarizar (seiketsu) y 5) conservar (shitsuke). Clasificar se enfoca en la remoción de todos los artículos innecesarios del lugar de trabajo para dejar sólo lo que es fundamental. Poner en orden implica arreglar los artículos necesarios de tal manera que sean fáciles de encontrar y usar. Una vez que se elimina el desorden, el brillo garantiza la limpieza y la pulcritud. A partir de que se han implantado los primeros tres pilares, la estandarización sirve para conservar el orden y la consistencia de las tareas domésticas y de los métodos. Por último, el paso conservar proporciona el mantenimiento de todo el proceso de manera continua [4].

- *Implementación de la 1ª Selección.*

Se establece las funciones de la primera persona que corresponde a tomar la evidencia y cambios que surjan en el desarrollo del proyecto, para proceder a la selección y descarte para liberar espacio y agilizar métodos de trabajo, apoyados de una lista de objetos necesarios en cada área.

- *Aplicación de la segunda S (Ordenar)*

“En esta etapa debemos ordenar los artículos que seleccionamos como necesarios en nuestro trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y regreso al mismo lugar después de usarla” [8]. En la Figura 3 muestra la distribución del almacén.

El almacén cuenta con dimensiones de 4m x 4m, esto es una limitante dificulta el trabajo de maniobras para sacar productos del almacén, sin embargo, ya que se saca el 90% de los muebles almacenados, designaremos una manera de cómo acomodar los muebles por grupos, es decir que, agruparlos por conjuntos.



Figura 3. Distribución del área de almacén

- *Implementación de la tercera S (Limpiar)*

Limpiar es básicamente eliminar la suciedad, tomando en cuenta que al hacer limpieza también estamos inspeccionando. Así podemos descubrir problemas potenciales antes de que se conviertan en críticos [8]. En la tabla 5, se presentaremos el plan de limpieza para las instalaciones.

Área	PROGRAMA DE LIMPIEZA					
	Actuación			Producto		
	Superficie	Frecuencia mínima	¿Quién?	Instrumento	Modo de empleo	Riesgo
Almacén	Suelos	Justo de evacuar los muebles del almacén	A quien corresponda sacar los muebles	Escoba	Barrer perfectamente la superficie del suelo, una vez barrida la basura, recogerla y tirarla a donde corresponda	Ninguno
	Muebles	Cuando se saquen de la bodega	A quien corresponda sacar los muebles	Aceite rojo	Con un trapo, frotar con aceite a los muebles sobre sus lados y superficie para limpiar el mueble	Ninguno
	Superficie	Cada tres meses	Personal externo	Plaguicida	Rosear con el líquido, las orillas del lugar, así como también las orillas del lugar	Usar cubrebocas y guantes
Área de producción	Brochas	Después de su uso	Quien use las brochas	Tijer.	Sumergir y tallar las brochas con <del>tijer.</del> a fin de retirar los residuos de barniz y sellador	Usar cubrebocas
	Banqueta	Después de cada jornada laboral	Quien use el área de producción	Escoba	Barrer perfectamente todos los residuos que surgen con el trabajo realizado	Ninguno
	Ropa de trabajo	Una vez cada semana	Operadores del área de producción	Jabón	Lavar la ropa con la que laboran los operarios, a fin de eliminar suciedades acumuladas por el arduo trabajo	Ninguno

Tabla 5. Programa de limpieza

- *Cuarta S (Estandarizar)*

En esta parte, como método de seguimiento y estandarización de las 5's, se propone un macro en Excel, en donde se registren diez preguntas por cada S, en la cual, serán contestadas por un chek, las respuestas se concentrarán en gráficos y los resultados se irán almacenando, para así poder ir observando el comportamiento y evolución del negocio, identificando los puntos en donde se necesita atención.

**Establecer indicadores**

Los indicadores nos ayudan a entender el funcionamiento real del sistema y nos dicen si las estrategias conducen a un objetivo establecido. Es recomendable revisar estos indicadores de manera semanal, para conocer los resultados en el corto plazo y tener la posibilidad de reaccionar ante un cambio o desviación de los objetivos. Son una medida del desempeño del sistema, y como tal deben establecerse lo más representativos posibles. Los indicadores deben establecerse de tal forma que se especifique su cálculo, las variables y elementos que lo componen; y que permita su revisión semanal o diaria, de tal manera que debe

establecerse un estricto procedimiento de actualización y seguimiento. Quedando determinados los siguientes: Entrega a tiempo, calidad en el producto.

### 5. Establecer actividades

Para entender a fondo las estrategias y cumplir los objetivos establecidos y medidos en los indicadores, es muy importante describir claramente las actividades específicas que se deben desarrollar. Establecer actividades es un proceso en el cual debemos responder a las cuestiones acerca de si con ellas podremos desarrollar las estrategias, para conocer si son las correctas, si faltan o sobran.

### 6. Seguimiento y adecuación

El seguimiento se realiza directamente sobre las actividades descritas en el paso anterior utilizando un diagrama de Gantt para revisar visualmente el avance de los proyectos y las actividades más importantes del plan estratégico. Este seguimiento de actividades debe realizarse cada semana para llevar un control estricto de las mismas, avances, obstáculos, etc., y así poder anticiparse o responder en el corto plazo, deben identificarse las actividades críticas, los obstáculos, los recursos necesarios, las modificaciones y efectuarse revisiones semanales y diarias para llevar a buen término el plan estratégico.

### 7. Revisión periódica

Para asegurar el éxito de cada misión, se debe realizar el seguimiento de las estrategias. Esta revisión periódica debe realizarse en lapsos semanales o quincenales para no perder de vista las actividades y resultados relevantes.

## Resultados y Discusión

Se puede observar que los resultados obtenidos son característicos y con efectos positivos, en la tabla 6, se observa el comparativo del antes y después considerando para esto la aplicación de las herramientas lean. Es importante destacar que al paso de tres meses ha disminuido considerablemente la cantidad de daños en los muebles.

**Tabla 6.** Comparativo de defectos

Tipo de aspecto a considerar	Contabilización de aspectos a considerar	Contabilización de aspectos a considerar
Ralladuras	32	28
Golpes	40	36
Porosidad	28	24
Retardos	9	6
Mal trabajo	2	2
	111	96

Una de las metas de este proyecto es que se observa cómo ha sido el avance del negocio respecto a la aplicación de las cinco S a lo largo de estas cuatro inspecciones, así como la aplicación de los planes de acción. Sin duda alguna, se pueden observar que los resultados van en forma ascendente, por lo que, sugerimos que se siga con el seguimiento de la organización.

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos al principio de la aplicación de las 5's, comparado con los resultados que se obtuvieron después de la aplicación, contando con la suma del número de las primeras evaluaciones (111), asumimos que el resultado de los aspectos contabilizados es de (96), podemos decir que se mejoró un 13.51% a lo largo de tres meses.

Los logros por parte de las 5's se concluye que, mientras no haya participación al 100% por parte de la dirección del negocio, no podremos ver avances significativos, pues uno de los grandes problemas es que el almacén es estrecho, por lo que será muy difícil que los daños en los muebles desaparezcan significativamente.

Finalmente, una vez analizando el proceso a lo largo de esta implementación se propone otro sistema de flujo, es cual podría ayudar a que los problemas que el cliente percibe en los muebles desaparezcan gradualmente.

## Agradecimientos.

Al Instituto Tecnológico Superior Huauchinango por su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto, a las academias de Ingeniería Industrial, Mecatrónica e Informática, así como a los cuerpos académicos Tecnología Aplicada y Sistemas Mecatrónicos.

## Referencias

1. A. Diego, Tesis Hoshin Kanri Despliegue e implementación, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, 2010.
2. A. Rodríguez Balo, Integración del Modelo EFQM y el despliegue Hoshin Kanri en un área de atención primaria, Instituto Madrileño de la Salud, Madrid, Rev Calidad Asistencial 2004;19(1):45-52.
3. A. Rodarte, 5S's una herramienta de calidad para la mejora del desempeño operativo: Un estudio en las empresas de la cadena automotriz de N.L., Universidad Autónoma de N.L., Innovaciones de Negocios 6(2): 189 -205, 2009.
4. B. W. Niebel, Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo Duodécima edición, Mc Graw Hill.
5. J. V. Bernal, Aplicación de un Modelo de Ingeniería Estratégica a una MiPyME de las Artes Gráficas: diagnóstico y estrategias, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Ciencia y Tecnología, pp. 43-56, ISSN 1850-0870. N° 16, 2016.
6. J. C. Hernández Matías, Lean Manufacturingin Conceptos Técnicos e Implantación, Primera edición, Fundación EOI 2013.
7. K. F. Barcia Villacreses, Implementación de una Metodología con la Técnica 5S para Mejorar el Área de Matricería de una Empresa Extrusora de Aluminio, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 18, N. 1, 69-75, (Octubre, 2006), ISSN : 0257-1749.
8. L. Socconini, Lean Manufacturing Paso a Paso, Duodécima edición, Norma.

## BASTÓN ERGONÓMICO

**J.M. Ahuacatitla-Pérez<sup>1</sup>, L. Rivera-Islas<sup>1</sup>, Y. Soto Leyva<sup>1</sup>, N. M. Rodríguez-Batalla<sup>1</sup>, R. Bones-Martínez<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>*Academia de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, [calle Av. Tecnológico No.80, Ciudad Huauchinango,Pue. México.](#)  
[ijimap@hotmail.com](mailto:ijimap@hotmail.com), [lizzarivera1976@outlook.es](mailto:lizzarivera1976@outlook.es), [ni\\_m\\_say88@hotmail.com](mailto:ni_m_say88@hotmail.com),  
[nancy.roba@hotmail.com](mailto:nancy.roba@hotmail.com), [rosybones4@hotmail.com](mailto:rosybones4@hotmail.com)*

**Área de participación:** *Manufactura esbelta y calidad (IIN)*

**Resumen:** Usar bastón tiene como propósito, auxiliar en la marcha a personas con debilidad en alguna de sus extremidades inferiores; que se cansan al caminar o con problemas de equilibrio; pero no es un símbolo de inutilidad como algunos piensan; si no una herramienta que ayuda a mantener independencia para desplazarse. Se necesita un tercer punto de apoyo, se necesita un bastón con asiento portátil para que los paseos vuelvan hacer agradables. Con este bastón con asiento plegable llevara en una misma mano un bastón para andar seguro (a) y un asiento para descansar además de un sensor de proximidad. La movilidad en Huauchinango para las personas con discapacidad ha sido una problemática de muchos años y sea demorado la sociedad en integrar en el mercado un bastón como el que se presenta en este proyecto, evitando que las personas con capacidades diferentes tengan que buscar un lugar para sentarse, sino que lleven consigo su asiento sin ningún problema y al mismo tiempo mediante un sensor de proximidad identificar los bordes o paredes, alertando a las personas invidentes, la causa de un accidente; el bastón ergonómico está constituido por un bastón y un asiento armable con un sensor de proximidad que ayuda a invidentes a detectar objetos evitando chocar con ellos, también sirve para ayudar a las personas con discapacidad en el momento que están cansados y les brinda un asiento para descansar en cualquier lugar donde se encuentre.

### Introducción

En los adultos existen diferentes cambios en su actividad física diaria y esto se refleja en los ligamentos y cartílagos, perdiendo resistencia y elasticidad.

El adulto mayor al entrar a la vejez, se vuelve más vulnerable y tiene complicaciones físicas del equilibrio y la marcha, provocando que más del 30% sufra caídas, a esto se debe la necesidad de utilizar un bastón como herramienta de apoyo.

El bastón con asiento plegable está fabricado con material de aluminio, por lo que es suficientemente ligero para transportarlo y resistente a la corrosión. Se pliega fácilmente, convirtiéndose en un bastón que puede ser utilizado para apoyo al caminar. El asiento tiene forma anatómica para un mejor confort y estabilidad. La posición más estable es sentada con el asa por delante y entre las piernas.

Son la mejor opción para aquellas personas que todavía tiene cierta independencia y se desenvuelven sin necesitar sillas de ruedas eléctricas o manuales, pero ya el apoyo del bastón adaptando un asiento plegable será confortable para cualquier adulto mayor.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

La industrialización ha creado un nuevo ambiente para el hombre, el cual ha incidido en su desarrollo y personalidad; así, en la medida en que se tome en cuenta la

esencia del hombre, el proceso de formación de dicho ambiente responderá mejor a la naturaleza humana y a las necesidades de la sociedad.

Los estudios ergonómicos no se limitan exclusivamente al problema hombre-medio laboral sino que van más allá, aplicando sus criterios y esquemas a cualquier actividad humana, tanto en la producción como en la vida cotidiana. Una de sus aplicaciones es la de diseño y construcción de complicados artículos industriales de uso doméstico cultural, aplicaciones en los vehículos para comodidad y seguridad de los usuarios, etc. El trabajo ergonómico corresponde a la categoría de investigaciones aplicadas que aseguran la integración de la ciencia en la producción y que ofrecen medidas encaminadas a aliviar el trabajo y elevar su eficacia y calidad.

En este proyecto se establecieron medidas antropométricas así como también herramientas estadísticas y administrativas que ayudan a realizar un producto adecuado para el consumidor

**Ergonomía:** El término *ergonomía* proviene de las palabras griegas *ergon* (trabajo) y *nomos* (ley o norma); la primera referencia a la ergonomía aparece recogida en el libro del polaco Wojciech Jastrzebowski (1857) titulado *Compendio de Ergonomía o de la ciencia del trabajo basada en verdades tomadas de la naturaleza*, que según traducción de Pacaud (1974) dice: “para empezar un estudio científico del trabajo y elaborar una concepción de la ciencia del trabajo en tanto que disciplina, no debemos supeditarla en absoluto a otras disciplinas científicas,... para que esta ciencia del trabajo, que entendemos en el sentido no unilateral del trabajo físico, de labor, sino de trabajo total, recurriendo simultáneamente a nuestras facultades físicas, estéticas, racionales y morales...”<sup>1</sup>

**Antropometría:** La antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas.

Cuando hablamos de antropometría acostumbramos a diferenciar la antropometría estática, que mide las diferencias estructurales del cuerpo humano, en diferentes posiciones, sin movimiento, de la antropometría dinámica, que considera las posiciones resultantes del movimiento, ésta va ligada a la biomecánica.<sup>2</sup>

**Antropometría estática:** Antropometría estructural o estática (dimensiones del ser humano en reposo) es el estudio de las medidas estructurales del cuerpo humano en diferentes posiciones sin movimiento.

Clasificación de las medidas antropométricas

**Peso del cuerpo:** debe tomarse en una báscula normal en kg. El sujeto permanece parado erecto, mirando asía el frente, con el peso distribuido equitativamente en ambos pies.

**Estatura:** es la altura máxima desde la cabeza hasta el suelo. Se mide asiendo coincidir la línea media sagital con el instrumento, colocando el extremo fijo en el suelo y la parte móvil en la parte superior de la cabeza.

**Altura de ojo:** la altura desde el piso, hasta el ángulo palpebral externo. El sujeto permanece parado erecto viendo hacia el frente.

## SIPOC

El **SIPOC** es un diagrama de flujo a alto nivel y, a su vez, es el primer paso para la realización de un diagrama de flujo detallado (flujograma de proceso). Permite visualizar los pasos secuenciales de un proceso definiendo claramente sus entradas, salidas, proveedores y clientes. Recoge detalles importantes sobre el inicio y el final del proceso. Es una herramienta de gran utilidad para identificar el proceso a investigar en la primera etapa de la **metodología DMAIC**.

El SIPOC nos sirve para dos cosas:

1. Nos provee de una vista macro del flujo del proceso o producto y sus interrelaciones dentro del negocio.
2. El SIPOC define los límites del proceso, el punto de inicio y final del proceso que necesita una mejora.

Y... ¿Cómo podemos desarrollar un SIPOC?

1. Como primer paso, el equipo debe ponerse de acuerdo en los puntos de inicio y final del proceso. Entender el negocio nos puede ayudar en este proceso.
2. Trabajando de atrás hacia delante, lista los Clientes. Identifica el [CTQ \(Critical To Quality\)](#) de cada cliente (precisos, a tiempo, simples y así) y la Salida (**Output**) primaria (ej. Prestamos, llamadas, consultas o lo que sea) que el cliente recibe del proceso.
3. Con la C y la O del SIPOC definidas, usando técnicas de lluvia de ideas, el equipo debe de delinear entre 5 y 7 pasos del **P**roceso que resultan de las salidas. Los procesos típicamente comienzan con un verbo.
4. Una vez que el equipo se ha puesto de acuerdo en los pasos de proceso, ahora podemos identificar las Entradas (**I**nputs) críticas que afectan la calidad del proceso.
5. El último paso es el de listar todos los Proveedores (**S**uppliers) que proveen entradas al proceso.
6. Al final el SIPOC tiene que ser validado caminando a través de él.

En la figura de abajo podemos ver el ejemplo de un SIPOC que se enfoca en la reducción del tiempo de aprobación de un préstamo.<sup>3</sup>

## DIAGRAMA DE FLUJO

El **diagrama de flujo** o también **diagrama de actividades** es una manera de representar gráficamente un algoritmo o un proceso de alguna naturaleza, a través de una serie de pasos estructurados y vinculados que permiten su revisión como un todo.

La representación gráfica de estos procesos emplea, en los **diagramas de flujo**, una serie determinada de figuras geométricas que representan cada paso puntual del proceso que está siendo evaluado. Estas formas definidas de antemano se conectan entre sí a través de flechas y líneas que marcan la dirección del flujo y establecen el recorrido del proceso, como si de un mapa se tratara.

## Resultados y Discusión

El bastón con asiento plegable es un producto innovador que sirve de apoyo para las personas mayores de edad o con alguna lesión física en la extremidad de las piernas o la columna, ayudando a mantener un mejor equilibrio y mejorando de alguna manera su capacidad física.

Logrando que pueda caminar de una manera más adecuada brindando un soporte a través del bastón y a su vez brindando un asiento que puede utilizar cuando sea necesario descansar por fatiga u otra situación.

De esta manera podrá llevar consigo el bastón con el asiento plegable todas las veces que sea necesario, ya que es de fácil manejo.

Es el impacto social que tiene sobre la seguridad y la calidad de vida de los usuarios finales, Ya que con esto se pretende mejorar o dar soporte a la capacidad fisiológica de las personas, tratando de reducir la fatiga en ellas y obteniendo un mayor beneficio en la salud y adaptación social de las personas que lo requieren. Desarrollo social, diseño universal (incluyendo requisitos para la integración de discapacitados), sobre las relaciones sociales, etc.

El sistema de innovación: impacto sobre la estructura del sistema de innovación (capital humano, aportación de poder a los agentes innovadores, usos alternativos de la energía, etc) y sobre la cultura del sistema de innovación (cultura corporativa en innovación, shock tecnológico, etc.);

Impactos sobre la seguridad y la calidad de vida de los usuarios finales, desarrollo social, diseño universal (incluyendo requisitos para la integración de discapacitados), sobre las relaciones sociales, etc.

**Tabla 1.** S.I.P.O.C. Recoge detalles importantes sobre el inicio y el final del proceso. Es una herramienta de gran utilidad para identificar el proceso a investigar en la primera etapa de la metodología DMAIC

S	I	P	O	C
<p>1.- Ferreteria ubicada en Huauchinango.</p> <p>2.- Artesanos que nos proporcionara el plástico tejido para el banqueto.</p>	<p>1.-Tubo de aluminio de 2 cm de diámetro</p> <p>2.-Asiento circular de plástico con un diámetro de 25 cm.</p> <p>3.-Gomas antiderrapantes</p> <p>4.-3 tornillos con sus tuercas, estos deben ser de aproximada</p>	<p>1.- Cortar el tubo de aluminio con un bricolaje el cual será utilizado como bastón, este de 2cm de diámetro por 80 cm de altura.</p> <p>2.-Posteriormente se realizan otros cortes del tubo de aluminio para los dos soportes laterales del banco, con una medida de 2cm de diámetro por 60 cm de altura.</p> <p>3.- Los tubos que fueron obtenidos después de haber realizado los cortes del paso anterior deben ser ligeramente doblados por la mitad a un ángulo de 45°, evitando que el material se maltrate.</p> <p>4.-Perforar los tubos con un taladro a los 30 cm de altura, esto con la finalidad de que podamos ensamblar el bastón con los otros dos tubos que serán el apoyo para el soporte del banqueto.</p>	<p>Bastón ergonómico, el cual lleva un banquito adaptado al mismo para que el cliente tenga un lugar para descansar al momento de recorrer una cierta distancia.</p>	<p>Adultos mayores de 65 años de edad que tienen alguna dificultad al caminar o presentan problemas en las piernas que les impidan caminar fácilmente, esto en la región de Huauchinango.</p>

<p>mente 8cm, 5cm y 5cm.</p> <p>5.-Bricolaje para poder cortar el tubo de aluminio</p> <p>6.-Taladro</p>	<p>5.-El que será nuestro bastón permanecerá en forma vertical, y los otros dos serán ensamblados a 30 cm de altura del bastón. Un tubo será ensamblado del lado derecho y el otro del lado izquierdo ambos con el mismo tornillo de los 8cm.</p> <p>6.- Al tubo que será nuestro bastón lo perforaremos a una altura 60 cm en él cual el asiento pondrá asegurarse para que al momento de sentarse este tenga mayor soporte.</p> <p>7.-Posteriormente colocar el asiento, el cual será ensamblado a las partes superiores de los tubos que fueron doblados, a estos se le hará una perforación cruzando ambos lados del tubo y ensamblado al bastón, esto lo haremos con los tornillos de 5cm de largo. Al asiento se le adaptara un seguro para que este encaje en el tubo que será el bastón, y así obtengamos un mejor soporte al momento de usarlo como banquito.</p> <p>8.- Por último a los tres tubos sobrantes se le ponen las gomas antiderrapantes y se ensambla el mango del bastón, para que este sea más cómodo al momento de ser utilizado.</p>		
--	--	--	--



**Figura 1.** Prototipo terminado de un Banco Ergonómico de Madera.

## Conclusiones

En la actualidad en el mercado circulan varios tipos y diseños. La elección del modelo ideal dependerá del **padecimiento** y sugerencia de las y los expertos en ortopedia y rehabilitación.

Para las personas mayores de 60 años, el bastón puede marcar la diferencia entre una vida activa y la sociabilidad. El instrumento brinda el apoyo para la caminata y por lo tanto, fortalece el vínculo de la **activación física** y el rechazo al aislamiento.

Existen varios tipos. Los de aluminio son ajustables y los de madera deben cortarse a la medida. Para uso diario, probablemente no sea lo más cómodo optar por un estilo de bastón curvo, sino por uno de puño con cuello de cisne, que es más plano, coloca el peso de la o el usuario justo sobre la vara y posiblemente permitirá sentirse mejor.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a los compañeros de la Academia de Ingeniería Industrial y alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Huachinango, por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente proyecto.

### **Referencias Bibliograficas**

1. Ergonomía 1 Fundamentos, Pedro R. Mondelo, Mutua Universal, pag. 16
2. Ergonomía 1 Fundamentos, Pedro R. Mondelo, Mutua Universal, pag. 61
3. Universidad Tecnológica de Tijuana, M.C. Laura R. Diaz Santana Rocha.
4. C. J. Alberto; Garnica G. Andres. ECOE Ediciones 2010,43

## CUMPLIMIENTO DE LA NORMA NOM-080-SCFI-2016 EN LAS IMPUREZAS DEL ARROZ

**I. L. Hernández-Solís<sup>1</sup>, V. Gama-Nájera<sup>1</sup>, M. Campos-Álvarez<sup>1</sup> y A. Rojas-Ayala<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[lizeth\\_herso@outlook.com](mailto:lizeth_herso@outlook.com), [gama.najera@hotmail.com](mailto:gama.najera@hotmail.com), [camposmonica2002@yahoo.com.mx](mailto:camposmonica2002@yahoo.com.mx),  
<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico  
No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México [alejandroitcb@yahoo.com.mx](mailto:alejandroitcb@yahoo.com.mx)

*Área de participación: Manufactura esbelta y calidad*

**Resumen:** En el mundo y en México, la propiedad industrial ha adquirido una importancia cada vez más notable, derivado de ello, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) ha desarrollado un sólido sistema de protección de los derechos de propiedad industrial donde se incluyen las Denominaciones de Origen, actualmente el territorio mexicano cuenta con dieciséis denominaciones, y de las más recientes se otorgó al Arroz del Estado de Morelos, en 2012. Debido a la importancia de ésta, siendo una pieza fundamental del desarrollo productivo de la región y muestra significativa de la riqueza natural y cultural del estado, el objetivo de este trabajo es dar a conocer que el arroz del Estado de Morelos cumple con las especificaciones de la norma NOM-080-SCFI-2016 en la impurezas de la industrialización del arroz Súper Extra de la arrocera La Perseverancia, ubicada en el municipio de Jojutla, Morelos.

### Introducción

México ha desarrollado una legislación a la vanguardia de las mejores prácticas internacionales y con ello un sólido sistema de protección de los derechos de propiedad industrial que permiten proteger las innovaciones y creatividad de los mexicanos, entre ellas sobresalen las denominaciones de origen que son el mecanismo ideal para resguardar la creatividad que implica la elaboración de productos a partir de métodos tradicionales, vinculados a las costumbres de zonas geográficas delimitadas y que se caracterizan por contener una importante carga histórica y cultural. [1]

Los productos con denominación de origen tienen características únicas y una calidad especial que los diferencia de otros, su calidad está certificada y puede comercializarse mejor que otros similares. El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) busca que los productores mexicanos utilicen las herramientas de protección que les ofrece el sistema de propiedad industrial para evitar la competencia desleal y la piratería. [1]

En la actualidad, el arroz del Estado de Morelos se encuentra clasificado como uno de los arroces de mejor calidad a nivel nacional e internacional debido a que ha conservado, desde su origen, características únicas y exclusivas agronómicas, molineras y culinarias. [2]

El consumo nacional de arroz es de un 1.2 millones de toneladas al año de las cuales el 80% se importan y el 1% se produce en el país. En el estado de Morelos unas 1,100 hectáreas están destinadas a la producción de este cereal, con un rendimiento promedio de 160 jornales por hectárea, por ello, Morelos ocupa el

primer lugar a nivel nacional en rendimiento obtenido de arroz (toneladas/hectárea). [3]

El "Arroz del Estado de Morelos" se siembra en 22 de los 33 municipios morelenses, cumpliendo con la norma NOM-080-SCFI-2016, en todas sus especificaciones de calidad. Esta norma establece las denominaciones comerciales de las diferentes variedades de "Arroz del Estado de Morelos", así como las especificaciones fisicoquímicas que deben reunir para ostentar dicha denominación, los métodos de prueba para demostrar su cumplimiento y la información comercial que deben contener las etiquetas de los envases o empaques que los contienen.

En la tabla 1 se muestran las características de la norma NOM-080-SCFI-2016.

Tabla 1. Características de la NOM-080-SCFI-2016

<b>NORMA</b>	<b>NOM-080-SCFI-2016</b>
<b>TÍTULO</b>	"ARROZ DEL ESTADO DE MORELOS"
<b>TEMA</b>	DENOMINACIÓN DE ORIGEN
<b>PUBLICACION EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN</b>	25 DE ENERO DEL 2017
<b>ENTRADA EN VIGOR</b>	90 DÍAS NATURALES DESPUES DE LA PUBLICACIÓN
<b>ESTADO ACTUAL</b>	VIGENTE

Los productos terminados que abarcan la Denominación de Origen son: el Arroz del Estado de Morelos Palay, integral o moreno, pulido y los subproductos como la cascarilla, medio grano, tres cuartos de grano, granillo, salvadillo y harina. Además ampara la planta, la semilla y el grano de la planta, en particular, las variedades Arroz del Estado de Morelos: Morelos A-92, Morelos A-98 y Morelos A-2010, generadas en el Campo Experimental de Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) [5]

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

**Material.** Se utilizó arroz Súper Extra como material principal para la prueba de impurezas según la norma NOM-080-SCFI-2016, el cual se adquirió (por donación) en la Arrocería La Perseverancia mismo lugar donde se produce, ubicada en la población de Jojutla, municipio del Estado de Morelos.

**Equipo.** Los materiales que se utilizaron son: bolsa de polietileno, etiquetas de identificación de muestreo, engrapadora y grapas, charola de fondo y criba de orificios de 1.98 mm de diámetro. Los instrumentos que se utilizaron son: balanza granataria con precisión de 0.1 gramos Modelo Triple Beam Balance marca

OHAMUS, balanza granataria con precisión de 0.01 gramos de la misma marca, calador canónico de mano (bayoneta) de 22.3 cm de longitud.

**Método.** Se realizó el método del cuarteo manual, de acuerdo al instructivo para el muestreo y análisis de maíz, frijol y arroz expedido por Diconsa S.A de C.V en Noviembre de 2011

### **Análisis de impurezas en el arroz (punto 7.3 de la norma NOM-080-SCFI-2016)**

#### **1. Determinar la cantidad de muestra**

En esta investigación se utilizó el método de zig-zag o tipo M (punto 6.7.2.3.1 de la norma NOM-080-SCFI-2016) en los sacos de arroz por el tipo de almacenamiento, cada estiba contiene 100 sacos de 50 kg. Para obtener la cantidad de muestras se consulta la tabla 2 (punto 6 de la norma NOM-080-SCFI-2016).

Tabla 2. Tabla de muestreo

Número de sacos	Número de sacos a muestrear
0 a 49	5
50 a 99	10
100 a 199	15
200 a 299	20
300 a 499	30
500 a 799	40
800 a 1 299	55
1 300 a 3 199	75
3 200 a 7 999	115
8 000 a 21 999	150
22 000 a 100 999	225
101 000 a 549 999	300

El dato que se muestra en la tabla 2 es de quince sacos a muestrear por estiba.

Para determinar la cantidad de grano que se colecte de cada saco, depende de la cantidad de bultos a muestrear, como se indica en la tabla 3 (punto 6.7.2 de la norma NOM-080-SCFI-2016)

Tabla 3. Relación del número de sacos a muestrear para extracción del grano

Número de sacos a muestrear	Peso del grano (g) a extraer por saco
5 a 10	400
11 a 20	200
21 a 40	100
40 a 80	50
80 o más	50

El rango de sacos a muestrear es de 11 a 20 sacos, por lo tanto, la cantidad de grano que se debe coleccionar por saco es de 200 gramos.

Una vez conocida la cantidad de sacos, la selección se hace directamente con el método zig-zag, coleccionando muestras en los bultos que se encuentren en los puntos de unión de una M dibujada imaginariamente en los costados del lote, como se muestra en la figura 1.

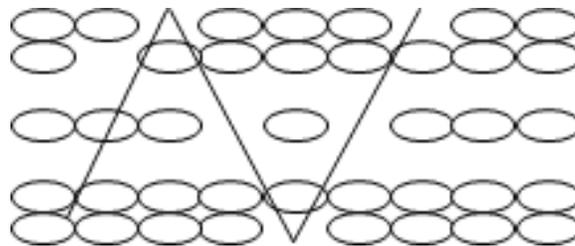


Figura 1. Representación del método zig-zag o tipo M

Al obtener las muestras primarias (punto 6.4 de la norma NOM-080-SCFI-2016) de los sacos, estas son revueltas formando la muestra compuesta (punto 6.6 de la norma NOM-080-SCFI-2016). Posteriormente se realiza el procedimiento del cuarteo manual, para la obtención de la muestra representativa.

## 2. Procedimiento del cuarteo manual

La muestra compuesta se vierte en una charola formando un montón más o menos circular aprovechando el ángulo natural de reposo del grano, al momento de vaciarse, es dividido en cuatro partes iguales (ver figura 2), donde se descartan las porciones b y c, sumando las porciones a y d. El cuarteo es realizado hasta obtener la muestra representativa de 1 kg. (Ver figura 3)



Figura 2. Método del cuarteo manual.



Figura 3. Muestra representativa de 1 kg.

### 3. Análisis del arroz para la determinación de impurezas

Se colocó la criba de orificios circulares de 1.98 mm de diámetro sobre la charola de fondo, posteriormente se vació el grano sobre la criba (ver figura 4), agitando con movimientos oscilatorios durante aproximadamente un minuto para facilitar la separación de las impurezas, semillas de maleza, piedras, plagas, insectos y excretas. Como alguno de estos no atravesaron la criba, se hizo la separación de manera manual a toda aquella materia diferente al grano de arroz (punto 7.3.3 de la norma NOM-080-SCFI-2016) (ver figura 5)



Figura 4. Vaciado de grano en criba



Figura 5. Separación manualmente

## Resultados y Discusión

De acuerdo al punto 7.3.4 de la norma NOM-080-SCFI-2016, los resultados se expresan en por ciento (%), hasta una décima de unidad, se determina con la ecuación 1, el porcentaje de impurezas es igual a la masa de impurezas en gramos entre la masa de grano muestreado, en este caso la muestra es de 1000 gramos, por cien para obtener el porcentaje total.

$$\% \text{ de impurezas} = \frac{\text{masa de impurezas (g)}}{\text{masa de grano muestreado}} \times 100 \quad (1)$$

El resultado obtenido se muestra a continuación:

$$\% \text{ de impurezas} = \frac{1.4 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 0.14$$

Se obtiene 0.14% de impurezas, en la figura 6 se muestran las impurezas semillas de maleza, piedras, plagas, insectos y excretas encontradas en la muestra compuesta analizada conforme a lo establecido en la norma.



Figura 6. Cantidad de impurezas

## Conclusiones

Partiendo del resultado obtenido, siendo este de 0.14% y menor a 0.2% establecido en la NOM-080-SCFI-2016, se demuestra que bajo el análisis de la norma, el arroz Súper Extra de la Arrocería La Perseverancia, tiene la calidad y características requerida en las impurezas en la Denominación de Origen.

Además, debido a las características tales como la siembra artesanal, la naturaleza del suelo y el clima de la región, el Arroz del Estado de Morelos tiene la peculiaridad de su alta calidad y con ello lo hace competente en los grandes mercados de arroz gourmet del mundo.

## Agradecimientos

Agradecimiento al Sr. Jesús Solís Alvarado productor y Presidente del Consejo de Administración de Arroceros de la Región Sur del Estado de Morelos USPR de R.L., por su colaboración y apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

## Referencias

- [1] Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2016). *Denominaciones de Origen, Orgullo de México*. Recuperado de <http://www.gob.mx/impi/documentos/libro-denominaciones-de-origen-orgullo-de-mexico> (2 de Mayo del 2017)
- [2] Tolentino, J. (2013). La producción de arroz del estado de Morelos: una aproximación desde el enfoque SIAL. Universidad Nacional Autónoma de México, México. (26 de Abril del 2017).
- [3] Becerril, I. (2018). Morelos proyecta aumentar producción de arroz. *El Economista*. Recuperado de: [http://expansion.mx/negocios/2012/02/16/la-se-e-imp-protecten-a-arroz-de-morelos?internal\\_source=PLAYLIST](http://expansion.mx/negocios/2012/02/16/la-se-e-imp-protecten-a-arroz-de-morelos?internal_source=PLAYLIST) (29 de Enero del 2019)
- [4] Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2012). Declaración General de Protección de la Denominación de Origen "Arroz del Estado de Morelos". *Diario Oficial*. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5212515&fecha=04/10/2011](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5212515&fecha=04/10/2011) (17 de Diciembre del 2017)

[5] Secretaría de Economía. (2016). ¿Sabías que el Arroz del Estado de Morelos tiene Denominación de Origen?. Recuperado de: <https://www.gob.mx/se/articulos/sabias-que-el-arroz-del-estado-de-morelos-tiene-denominacion-de-origen> (16 de Diciembre del 2017)

[6] Declaración General de Protección de la Denominación de Origen Arroz del Estado de Morelos. Diario Oficial de La Federación, México D.F., 16 de Febrero de 2012. Recuperado de: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5234130&fecha=16/02/2012](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5234130&fecha=16/02/2012)

[7] Norma Oficial Mexicana NOM-080-SCFI-2016, Arroz del Estado de Morelos. Diario Oficial de la Federación., 25 de Enero de 2017. Recuperado de: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5469806&fecha=25/01/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5469806&fecha=25/01/2017)

# DISEÑO Y DESARROLLO DE UN CHECKING FIXTURE PARA TOLVA IZQUIERDA DEL CHEVY MODELO C3

L. Ruiz-Macías<sup>1</sup>, I. Rivera-Flores<sup>1</sup>,  
D. A. Armenta-Cruz<sup>1</sup>, A.E. Ortiz-González<sup>1</sup>, C. Barreto-Cabrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[Lizeth.rm@itzacatepec.edu.mx](mailto:Lizeth.rm@itzacatepec.edu.mx), [ismael.rf@itzacatepec.edu.mx](mailto:ismael.rf@itzacatepec.edu.mx), Calzada Tecnológico No.27, Col.  
Centro, Zacatepec Morelos, México [antonio119410@gmail.com](mailto:antonio119410@gmail.com), [eortiz0321@gmail.com](mailto:eortiz0321@gmail.com),  
[ingclaudia\\_barreto@itzacatepec.edu.mx](mailto:ingclaudia_barreto@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Manufactura Esbelta y Calidad*

**Resumen:** El presente artículo muestra el resultado del diseño y desarrollo de un Checking Fixture para la tolva izquierda del automóvil Chevy modelo C3. El diseño fue desarrollado mediante la metodología de Planeación Avanzada para la Calidad de un Producto (APQP). Durante el diseño y fabricación de un Checking Fixture para la tolva se determinan y realizan las mediciones de los puntos críticos de ensamble, con el fin de inspeccionar la dimensión de la pieza de manera más rápida y eficiente, y así verificar que cumpla con las especificaciones establecidas y su función en el automóvil.

## Introducción

En [1] se llevó a cabo una revisión de diversas metodologías para el desarrollo de nuevos productos y se compararon entre sí procesos tradicionales para el desarrollo de productos así como las tendencias emergentes en el campo de desarrollo de nuevos productos. Se pudo concluir, que únicamente la metodología APQP incorpora todos los factores significativos relacionados al producto tales como las necesidades del cliente (como QFD) y la reducción de desperdicios (como Six Sigma). En [2] se demostró que aplicando APQP se redujo el tiempo y el costo para el lanzamiento de nuevos productos en una industria automotriz. Por otra parte, también en sectores distintos al sector automotriz ha sido aplicada APQP de manera exitosa, como quedó demostrado en una pequeña empresa del sector metal-mecánico en Guadalajara, Jal. [3], donde se pudo acortar el tiempo de desarrollo de un producto y se establecieron de manera clara y precisa los requerimientos técnicos del producto.

En el presente proyecto se muestra el diseño y desarrollo de un Checking Fixture para la tolva izquierda del automóvil Chevy modelo C3. La tolva tiene la función de proteger al motor de la introducción de tierra, piedras u otros agentes que puedan causar una avería futura a este.

Debido a que la tolva es una pieza flexible, para tomar medidas es necesario seleccionar un método de sujeción de la pieza a la hora de la medición, por lo que se tiene que elaborar antes de la medición un holding fixture que mantenga la pieza sujeta en la CMM. Ya que, al no contar con un sistema de sujeción, lleva más tiempo en sujetar una pieza que en medirla, esto es parte fundamental en la optimización y repetibilidad en el uso de la máquina de coordenadas.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Para el presente proyecto se utilizó la metodología de Planeación Avanzada para la Calidad de un Producto (APQP) [4], para lo cual en cada una de sus fases se realizaron las actividades correspondientes en cada una de ellas.

En la fase de *Planeación* se determinan las necesidades y expectativas de los clientes a fin de planear y definir un programa de calidad.

En la fase de *Diseño y Desarrollo del Producto* se aborda los elementos del proceso de planeación durante los cuales las propiedades y características de diseño son desarrolladas en una forma casi final. Se debiera considerar todos los factores de diseño en el proceso de planeación y cuando el diseño sea propiedad del cliente o compartido. Los pasos incluyen la fabricación de prototipos para verificar que el producto o servicio cumpla con los objetivos de la voz del consumidor.

En la fase de *Diseño Y Desarrollo del Proceso* se aborda las características principales del desarrollo del sistema de manufactura y los planes de control relacionados para el logro de productos con calidad.

En la fase de *Validación del Producto y el Proceso* se discute las características principales para validar un proceso de manufactura a través de una corrida de producción de prueba.

En la fase de *Retroalimentación, Evaluaciones y Acciones Correctivas* se evalúan los resultados y donde las causas comunes y especiales de variación están presentes. Es aquí también donde puede evaluarse la efectividad de los esfuerzos en la planeación de la calidad de un producto.

### Desarrollo de la metodología

El checking fixture fue diseñado para una tolva o guardafangos de un Chevy C3. Las tolvas son piezas sintéticas que se colocan entre la parte inferior de la carrocería y los neumáticos. Su principal función es evitar que agentes como tierra, clavos, piedras u otros nocivos tengan acceso al motor del auto; sin embargo es necesario su reemplazo cuando:

- Pierden agarre por las vibraciones del auto.
- Se dañe o sufra algún desperfecto.

### Planeación

En esta fase se realizó un cronograma de actividades el cual sirvió para organizar tiempos y la planeación de las actividades a realizar, y a partir de éste se fue marcando lo programado y lo real.

### Diseño y Desarrollo del Producto

El checking fixture fue diseñado y dibujado con el software CAD SolidWorks para modelado mecánico en 3D, a continuación en la Figura 1 se muestra el dibujo del dispositivo.

### Diseño y Desarrollo del Proceso

El proceso de fabricación del dispositivo de medición se llevó a cabo mediante la utilización de maquinaria como un torno CNC, donde se realizó el maquinado de cada uno de los componentes del dispositivo.

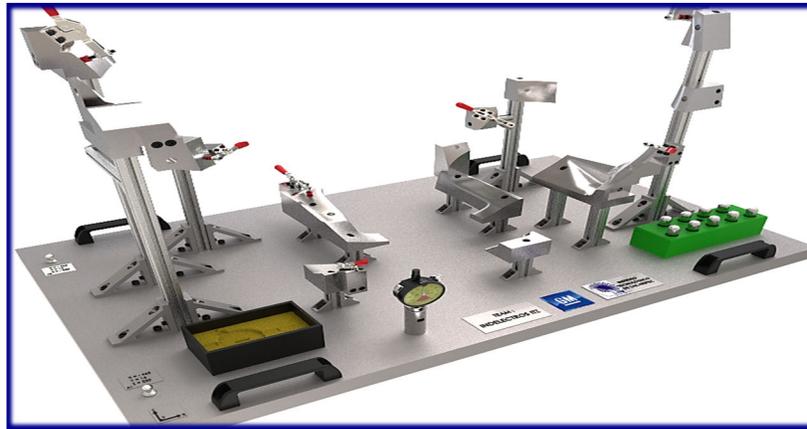
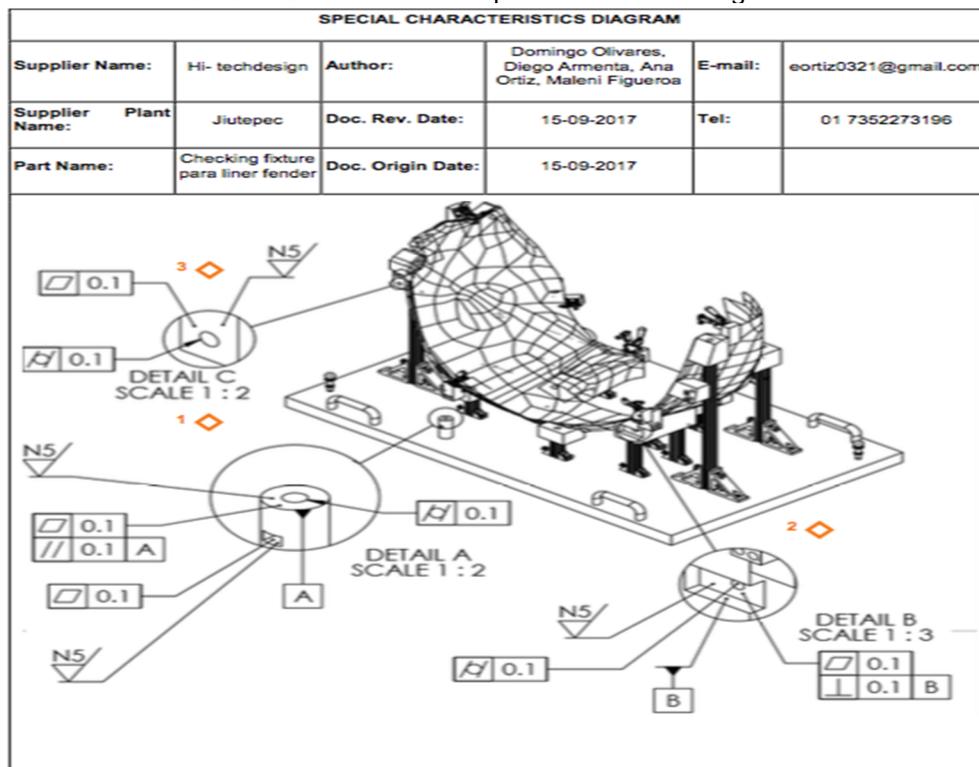


Figura 1. Dispositivo de medición

*Características especiales del checking fixture [5]*

La tabla 2 muestra la matriz de características especiales del checking fixture.

**Tabla 2.** Características especiales del checking fixture.



Detail	Characteristic	Specification /Tolerance (mm)
A	Rugosidad mínima (rectificado) en superficies de contacto. Planicidad en superficies de contacto. Paralelismo respecto al datum de referencia A. Cilindricidad de la superficie de contacto del palpador.	   
B	Rugosidad mínima (rectificado) en superficies de contacto. Planicidad en superficies de contacto. Perpendicular respecto al datum de referencia B. Cilindricidad de la superficie de contacto del palpador.	   
C	Rugosidad mínima (rectificado) en superficies de contacto. Planicidad en superficies de contacto. Cilindricidad de la superficie de contacto del palpador.	  

## Resultados y Discusión

Validación del Producto y el Proceso[6]

### *Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad*

Se realizaron los estudios R&R correspondientes a dos puntos de medición del Checking Fixture, en cual se utilizaron 2 piezas diferentes, se registraron 5 mediciones de cada pieza, se llevaron a cabo por 3 operadores y se utilizó un indicador de carátula.

Los resultados obtenidos del estudio para los datos del punto de medición 1 se muestran a continuación. (Ver Tabla 3), el porcentaje de variación del estudio del Gage R&R Total es igual a 71.23% por lo que es inaceptable y debe corregirse, el porcentaje de variación de la repetibilidad es igual a 35.88% y de reproducibilidad 61.53%.

Tabla 3. Resultado de R&R punto de medición 1.

### Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (5.15 × DE)	%Var. estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
Gage R&R total	0.351908	1.81233	71.23	90.62
Repetibilidad	0.177266	0.91292	35.88	45.65
Reproducibilidad	0.304000	1.56560	61.53	78.28
Operadores	0.304000	1.56560	61.53	78.28
Parte a parte	0.346775	1.78589	70.19	89.29
Variación total	0.494057	2.54439	100.00	127.22

Los resultados obtenidos del estudio para los datos del punto de medición 2 se muestran a continuación. (Ver Tabla 4), el porcentaje de variación del estudio del Gage R&R Total es igual a 86.84% por lo que es inaceptable y debe corregirse, el porcentaje de variación de la repetibilidad es igual a 75.30% y de reproducibilidad 43.25%.

Tabla 4. Resultado de R&R punto de medición 2.  
Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (5.15 × DE)	%Var. estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
Gage R&R total	0.249758	1.28625	86.84	64.31
Repetibilidad	0.216574	1.11535	75.30	55.77
Reproducibilidad Operadores	0.124398	0.64065	43.25	32.03
Parte a parte	0.142637	0.73458	49.59	36.73
Variación total	0.287618	1.48123	100.00	74.06

*Tiempo estándar de medición*

Se realizó el estudio de tiempos para calcular el tiempo estándar de la medición de la tolva en el Checking, se observaron 4 ciclos de medición, con un factor de calificación del operador de 1.16 y un valor de suplementos de 1.19, por lo tanto el resultado fue un tiempo estándar de 110 segundos.

*Estudio de capacidad y desempeño del proceso [7]*

Se implementó un estudio de capacidad para determinar la habilidad del proceso de la producción de la tolva, para esto se generaron 100 números aleatorios en Excel utilizando una desviación estándar de 0.39.

Con los resultados obtenidos del Sixpack en Minitab, se puede decir que el proceso no cumple con las especificaciones, debido a que el Cp=0.86 es menor a 2, de igual manera el Cpk= 0.18 muestra que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones, lo cual se puede mostrar en el histograma, es por esto que es necesario corregir el problema descentrado para mejorar la capacidad potencial (Cp). (Ver Figura 2).

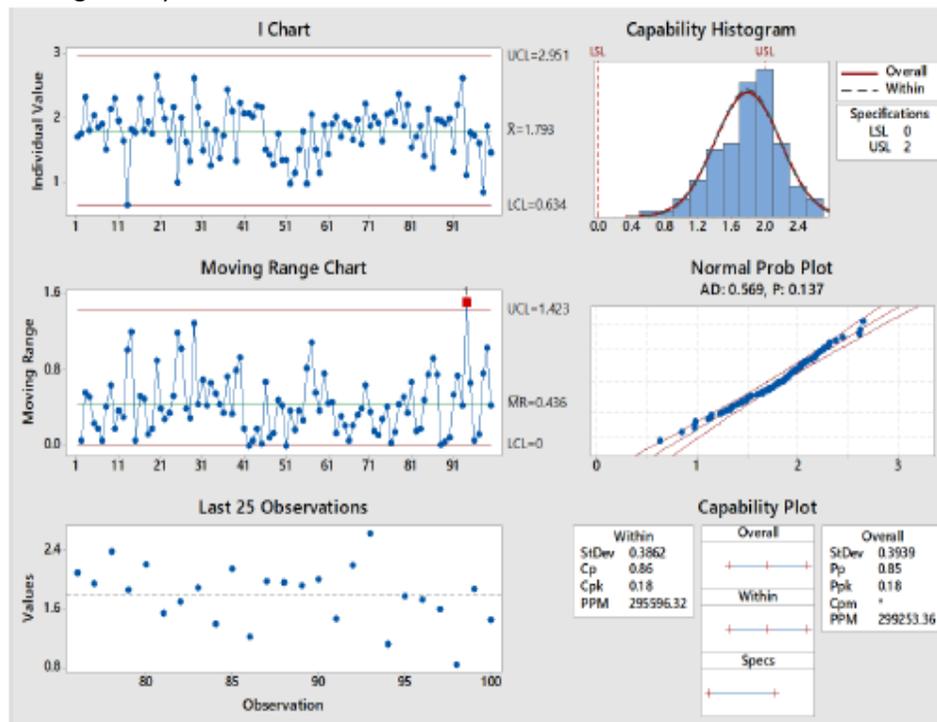


Figura 2. Resultado estudios de capacidad de proceso.

### *Retroalimentación, Evaluaciones y Acciones Correctivas* *Lecciones aprendidas*

La participación en el diseño y fabricación del dispositivo de medición fue una gran experiencia, ya que el equipo en general aportó y adquirió un amplio conocimiento, con lo cual también se desarrollaron y reforzaron habilidades y actitudes en este campo de la industria, las cuales son necesarias para desempeñarse en un futuro ámbito laboral, las lecciones aprendidas se enlistan a continuación:

#### **Conclusiones**

Debido a la geometría y falta de rigidez de la pieza asignada, se tomó en consideración la localización de la parte en posición de 180°, la ubicación de los sujetadores, distribución de los puntos de apoyo y referencia, los cuales sirvieron para proceder con el diseño de los bloques y accesorios que cuenta el Checking Fixture para así posicionar la parte de la mejor manera posible.

Se prestó mayor atención a la determinación y aplicación de las tolerancias geométricas y dimensionales en las características especiales y críticas de la pieza, con el fin de controlar la dimensión y características establecidas, con el apoyo y orientación de la norma de dimensionamiento ASME Y14.5 2009. [8]

Por lo tanto como resultado del diseño y fabricación del dispositivo de medición (Checking Fixture) se obtuvieron resultados favorables ya que se tomaron consideraciones que mayor convinieran en cuanto a cuestiones de reducción de tiempos en la toma de medidas de las características, así como consideraciones ergonómicas.

Con respecto a los estudios estadísticos que se realizaron con el Checking Fixture se tiene como resultado indicadores de R&R no aceptables, lo mismo sucede con los resultados Cp y Cpk, por lo tanto es necesario realizar ajustes al sistema de medición para mejorar esos indicadores hasta que sean aceptables.

#### **Agradecimientos**

Gracias a las autoridades del IT de Zacatepec por el apoyo que brindaron en octubre de 2017 para poder participar en el 5°. concurso "Diseño y desarrollo de checking fixtures para la industria automotriz", organizado por Metrology School, GM y CIDESI; donde se logró estar entre los tres primeros lugares.

#### **Referencias**

[1] Shrotri A.P., Joshi G.S., Dandekar A.R., Kore S.A. (2017) A comparative study of APQP and contemporary product design and development strategies. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 6, Issue 1, pp. 47-55.

[2] Salinas Coronado J., Amaya Parra G., Aguilar Duque J.I., Juárez Luna V.M.(2013) Lanzamiento de nuevos productos en la industrial. Congreso Internacional de Investigación. Vor. 5, No. 3. En [chiapas.academiajournals.com](http://chiapas.academiajournals.com)

[3] Gutierrez Pulido H., Torres Quirarte A. (2007) Planeación Avanzada del Producto (APQP): consejos básicos y un caso práctico. e-Gnosis, núm. 5, 2007, Universidad de Guadalajara. p.1 En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000502>  
ico

- [4] AIAG (2008) Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP), manual de referencia (2a Ed).
- [5] GM. (2005).Fixture Standards. For suppliers of production material. General Motors Corporation, US.
- [6] AIAG (2002) Análisis Del Sistema De Medición (MSA), manual de referencia (3era Ed).
- [7] AIAG (2005) Control Estadístico Del Proceso (SPC), manual de referencia (2nd Ed).
- [8] Y14.5, a. (2009).Dimensioning and Tolerancing. American Society of Mechanical Engineers, New York, US. (2<sup>nd</sup> Ed)

# KAIZEN PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPO PARA LA LIBERACION DE SOLICITUDES EN EL AREA DE COMPRAS EN LA EMPRESA DE SAINT GOBAIN MEXICO S.A. DE C.V.

**N. Dominguez-Reyes<sup>1</sup>, R.C. Cárdenas-Valdez<sup>1</sup>, E. Villegas-Ocampo<sup>1</sup>, A. Jiménez Luciano<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial TecNM / Instituto Tecnológico de Zacatepec  
[nicolas.dr@itzacatepec.edu.mx](mailto:nicolas.dr@itzacatepec.edu.mx), [roberto.cv@itzacatepec.edu.mx](mailto:roberto.cv@itzacatepec.edu.mx), [efrain.vo@itzacatepec.edu.mx](mailto:efrain.vo@itzacatepec.edu.mx),  
[angel.jl@itzacatepec.edu.mx](mailto:angel.jl@itzacatepec.edu.mx).

Calzada Tecnológico No. 27 Col. Centro A.P. 45, C.P. 62780 Zacatepec de Hidalgo; Mor.  
Tels. (734) 3431394, 3432110, 3432111

**Área de participación:** Manufactura esbelta y calidad (IIN)

**Resumen:** El presente artículo trata de la aplicación de la metodología de mejora continua basada en el ciclo de PDCA (8 pasos) para la realización de un kaizen. El cual presenta la descripción de problema a resolver, en el área de compras de la empresa de Saint Gobain México de S.A de C.V., los objetivos que se tienen que cumplir son basados en las actividades administrativas del departamento.

## Introducción

Actualmente muchas empresas se están enfocando a la mejora de calidad en sus productos y en sus servicios, que es lo que distingue a una empresa de otra, pero para obtener la calidad en ambas partes se necesita implementar un sistema, que en este caso será el kaizen (mejora continua), enfocado al departamento de compras dentro del área de administración, un departamento donde se encuentran áreas de oportunidad que son simples de detectar y sencillas de corregir, al momento de aplicar acciones correctivas o preventivas en estas áreas de oportunidad se lograra una reducción de costo y de tiempo, obteniendo así un ahorro y un aumento de productividad [Villaseñor y Galindo (2009), Socconini (2016)].

El desarrollo de la metodología PDCA que se encuentra en este artículo describe de manera detallada cada uno de los pasos que se tienen que seguir para lograr el objetivo planteado.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

**PLANEAR:** En esta primera etapa se debe establecer cuáles serán los objetivos alcanzar y que herramientas se utilizarán para poder lograrlos. Los objetivos se determinarán a partir del análisis de cada uno de los factores que no están causando un retraso en el proceso y de esta forma determinar cuál es mejor kaizen de mejora continua para poder establecer de acuerdo a los pasos de PDCA: 1.- Planear (Plan), 2.- Hacer (Do), 3.-Verificar (Check), 4.- Actuar (Act) [Imai (2014)].

### 1.- OBSERVAR LA SITUACION ACTUAL

El departamento de compras, es una organización dividida en dos áreas:

- Materiales directos: son todos aquellos que pueden identificarse fácilmente en el producto terminado y representa el principal costo en la elaboración de este

producto. Algunos ejemplos de materiales directos es el vidrio que se utiliza en la fabricación de medallones, parabrisas, quemacocos entre otras.

-Materiales indirectos: son aquellos necesarios y que son utilizados en la elaboración de un producto, pero no son fácilmente identificables o que no amerita llevar un control sobre ellos. Algunos ejemplos de materiales indirectos son como los mantenimientos, refacciones, construcciones etc.

Actualmente el problema radica en área de materiales indirectos el proceso de flujo de liberación de solicitudes de compras es demasiado lento y la demanda de compra está creciendo un 30% cada año de las mismas maneras que la empresa Saint Gobain México de SA de CV.

En la tabla 1, se muestra un listado de los pasos de que se tiene que seguir para poder a liberar una solicitud de compra.

**Tabla 1** Proceso de liberación de solicitudes de compra

Número	Descripción de los pasos
1	Requerimiento de cliente
2	Selección de proveedores
3	Solicitud de cotización a proveedores
4	Recibir cotizaciones
5	Elaboración de tabla comparativa dependiendo la categoría de monto: a) Menos de \$30,000 MXN se necesita una sola cotización para realizar una tabla comparativa b) Entre \$30,000 MXN y \$60,000 MXN se necesitan mínimo dos cotizaciones para realizar tabla comparativa. c) Mayor de \$60,000 MXN se necesita al menos tres cotizaciones para poder realizar la tabla comparativa
6	Solicitud de firma autorización
7	Escanear tabla comparativa
8	Enviar cotización de mejor costo al usuario
9	El usuario genera una nueva solicitud de compra
10	El comprador libera solicitud de compra
11	Se genera orden de compra

## 2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la identificación del problema se realizó un análisis de los pasos de proceso de liberación mencionados anteriormente, asignando los tiempos por cada paso que se tiene que realizar, para ello se elaboraron las tablas 2, 3 y 4 dividiéndolo por categorías de montos en cuanto los costos.

**Tabla 2** Tiempo por el monto de menos de \$30000

Número	Concepto	Tiempo en Minutos
1	Requisición de cliente	N/A
2	Selección de proveedores	00:01:30
3	Solicitud de Proveedores	00:02:00
4	Elaboración de tabla comparativa	00:10:00
5	Enviar cotización al usuario	00:01:00
6	Solicitud de firma autorización	00:20:00
7	Escaneo de tabla comparativa firmada	00:04:00
8	Liberación de solicitud de compra	00:04:00
<b>TOTAL</b>		<b>00:42:30</b>

**Tabla 3** Tiempo por el monto de \$30000 a \$60000

Número	Concepto	Tiempo en Minutos
1	Requisición de cliente	N/A
2	Selección de proveedores	00:01:30
3	Solicitud de Proveedores	00:02:00
4	Elaboración de tabla comparativa	00:15:00
5	Enviar cotización al usuario	00:01:00
6	Solicitud de firma autorización	00:20:00
7	Escaneo de tabla comparativa firmada	00:04:00
8	Liberación de solicitud de compra	00:04:00
<b>TOTAL</b>		<b>00:47:30</b>

**Tabla 4** Tiempo por montos de más \$60000

Número	Concepto	Tiempo en minutos
1	Requisición de cliente	N/A
2	Selección de proveedores	00:01:30
3	Solicitud de cotización a proveedores	00:02:00
4	Elaboración de tabla comparativa	00:20:00
5	Enviar cotización al usuario	00:01:00
6	Solicitud de firma autorización	00:20:00
7	Escaneo de tabla comparativa firmada	00:04:00
8	Liberación de solicitud de compra	00:04:00
<b>TOTAL</b>		<b>00:52:30</b>

Para una mejor visualización de que categoría son las que se reciben con mayor frecuencia y el tiempo que se tarda en realizar la liberación anualmente se puede ver la figura 1.



**Figura 1** Cantidades de solicitudes de compra por categoría y tiempo de solución

### 3.- ESTABLECIMIENTOS DE OBJETIVOS

En las tablas y graficas anteriormente mencionadas se identificó claramente que parte del proceso de liberación se debe hacer una mejora y que categoría de montos se debe atacar. En importante mencionar que conseguir la firma con la jefatura para la liberación, es algo complicado se tienen muchos factores por las cuales se tardar mucho en esta parte del proceso (juntas, viajes de trabajo, capacitaciones etc.).

El objetivo es liberar las solicitudes de compra de la manera más rápida generando a tiempo las órdenes de compra, dando mucho mejor respuesta a los clientes internos.

### 4.- ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo específico es liberar de manera inmediata las solicitudes de compras de menos de \$30000 MXN analizando las variables, buscando una mejor solución donde se pueda a atacar el paso número 6 de proceso de liberación, realizando una posible modificación solo para esta categoría.

### 5.- DISEÑO DE PLAN DE ACCIÓN.

Una vez identificado la causa de los problemas, se llevó a cabo un plan para poder realizar una mejora. En la tabla 5 se muestran las propuestas que se hicieron en la lluvia de ideas durante la junta con los compradores de área de indirectos.

**Tabla 5** Lluvia de ideas

1	Cada que el director de compras se encuentre de viaje se debería asignar alguien la responsabilidad para firmar tablas comparativas
2	El comprador debería tener la autoridad de liberar solicitudes de compra de menos de \$30000 MXN

3	No se debería realizar tablas comparativas para la categoría de menos de \$30000 MXN
4	El esperar a que te firme la tabla comparativa es pérdida de tiempo en específico los montos de menos de \$30000 MXN
5	Las solicitudes de compras de menos de \$30000 MXN se debería liberar solo con adjuntar las cotizaciones del proveedor
6	Cancelar solicitudes de compra que no direccionada al comprador correcto
7	Cancelar toda solicitud que no pase primero por área de compras

Mediante una votación a las propuestas dadas anteriormente se llegó a las siguientes tres opciones para mejora del problema:

- Para primera solución propuesta es que las tablas comparativas que se realizan para las solicitudes de compras de menos de \$30000, ya no sean firmadas por el director, sino que, por comprador, es decir que el comprador tenga la autoridad de autorizar tablas comparativas con su firma solo para la categoría de menos de \$30000 MXN.
- La segunda opción es no realizar ninguna tabla comparativa de la categoría de menos de \$30000 MXN, se llegó a la determinación de que la tabla comparativa no es necesario para esta categoría ya que para este monto solo se necesita una cotización del proveedor.
- La tercera propuesta es seguir con las tablas comparativas solo se cambiará un punto, en vez de esperar a que firme el director de compras se asignará a un responsable por área, solo para que firme tabla comparativas de montos de menos de \$30000 MXN.

En la figura 2 se muestran los tiempos de cada una de las alternativas.



**Figura 2** Tiempo que redujo cada una de las propuestas

HACER: Esta fase es la segunda del círculo de PDCA, como ya sabemos en la fase anterior fue la planeación de mejora de este proyecto en el cual nos permite identificar el área de oportunidad [Imai (2014)].

### 6.- EJECUCIÓN DE LA PRUEBA PILOTO

En el paso anterior se eligió la segunda propuesta para realizar la mejora en cual se llevará a cabo una prueba piloto por una semana para revisar que tan factible es

la propuesta. De acuerdo a seguir el nuevo proceso propuesta se realiza un monitoreo de una semana para ver que como funciona está solución propuesta.

## 7.- OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Después de haber de concluido el periodo que se mencionó anteriormente se procede analizar cuales fueros los resultados en cuanto el tiempo que se obtuvo utilizando la propuesta de elegida por los compradores. Ver tabla 6

**TABLA 6** Resultados de la nueva propuesta

Día	Categorías por monto	Cantidad Resividas en el día	Liberadas	Cuantas quedaron a final del día	Tiempo de liberacion en min
14/08/2017	Menor de \$30000	7	7	0	58.1
	Entre \$30000 y \$60000	1	1	0	47.3
	Mayor de \$60000	1	0	1	52.3
15/08/2017	Menor de \$30000	5	5	0	41.5
	Entre \$30000 y \$60000	0	0	0	0
	Mayor de \$60000	0	0	0	0
16/08/2017	Menor de \$30000	4	4	0	33.2
	Entre \$30000 y \$60000	0	0	0	0
	Mayor de \$60000	4	2	2	104.6
17/08/2017	Menor de \$30000	6	6	0	49.8
	Entre \$30000 y \$60000	2	1	1	47.3
	Mayor de \$60000	6	3	3	156.9
18/08/2017	Menor de \$30000	4	4	0	33.2
	Entre \$30000 y \$60000	1	1	0	47.3
	Mayor de \$60000	1	0	1	0
19/08/2017	Menor de \$30000	4	4	0	33.2
	Entre \$30000 y \$60000	0	0	0	0
	Mayor de \$60000	0	0	0	0
20/08/2017	Menor de \$30000	3	3	0	24.9
	Entre \$30000 y \$60000	1	0	1	0
	Mayor de \$60000	0	0	0	0
Total		50		9	729.6

**VERIFICAR:** En esta etapa de la metodología PDCA se realizan las observaciones y los resultados que se pueden obtener derivado de las acciones realizadas en la etapa Hacer [Imai (2014)].

## 8.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

Ahora bien, después de haber analizado la recolección de los datos se realizó la tabla 7 en la que se puede apreciar la información de forma resumida sobre el tiempo que se tardaba anteriormente sin realizar alguna mejora y lo que se tiene después de implementar la prueba piloto.

**Tabla 7** Resumen comparativo de tiempo en minutos

Categorías por monto	Cantidad solicitudes	Tiempo Anterior (min)	Tiempo de propuesta (min)
Menor de \$30000	33	1395.9	273.9
Entre \$30000 y \$60000	5	236.5	236.5
Mayor de \$60000	12	627.6	627.6
Total	50	2260	1138

## 9.- TOMA DE DECISIONES

De acuerdo a la propuesta se nota una considerable mejoran en cuanto el tiempo de respuesta en liberación de solicitudes de compras de menos de \$30000 MXN. Para para poder seguir con la implementación de la propuesta, se convocó a una tercera junta a los compradores invitando al director para que verificara los resultados obtenidos. De acuerdo a los comentarios de Director de compras fue positiva, el cual pidió que se estableciera un documento donde se establecería las nuevas reglas para las liberaciones de solicitudes de compras de menos \$30000 MXN.

ACTUAR: Esta es la última etapa del ciclo de mejora continua PDCA, en el cual establece que se deben implementar un refuerzo necesario para que la propuesta genere los resultados deseados\_[Imai (2014)].

## 10.- ESTANDARIZAR EL CAMBIO

Para realizar la estandarización de acuerdo a la nueva propuesta, se realizó un nuevo proceso de liberaciones de compras en donde se nota la nueva modificación que se tiene con las solicitudes de compras de menos \$30000, así como los pasos que se eliminaron para conseguir un mejor resultado de acuerdo a los problemas que se ocasionaban. Para implementar esta solución y obtener el compromiso del que el comprador cumpla con las reglas de acuerdo al monto, se produjo un formato llamado “Carta Compromiso”. El propósito de carta compromiso, compromete al comprador a cumplir con ciertos reglamentos en base las categorías de montos, el no hacerlos se cancelará toda aquella de la solicitud de comprar.

## Resultados y Discusión

Ahora bien, después de haber analizado la recolección de los datos se realizó la siguiente tabla en la que se puede apreciar la información de forma resumida sobre el tiempo que se tardaba sin realizar alguna mejora y lo que se tiene después de implementar la prueba piloto.

De acuerdo a la implementación de la prueba piloto y haciendo referencia a la tabla 8, se consiguió una considerable reducción de tiempo.

**Tabla 8** Resumen de tiempo en minutos

Categorías por monto	Cantidad solicitudes	Tiempo Anterior (min)	Tiempo de propuesta (min)
Menor de \$30000	33	1395.9	273.9
Entre \$30000 y \$60000	5	236.5	236.5
Mayor de \$60000	12	627.6	627.6
Total	50	2260	1138

El porcentaje que representa es la siguiente:

Tiempo anterior es 2260 min = 100%

Tiempo propuesto es 1138 min = x

Para esto se despeja X

$$X = (1138 \cdot 100) / 2260$$

$$X = 50.35 \%$$

El porcentaje que se obtuvo es de 50%, dado como resultado más del 50% de tiempo reducido propuesto en objetivo.

## Conclusiones

Una vez concluido el proyecto y después de haber alcanzado el objetivo del mismo en la empresa Saint Gobain México de SA de CV, se debe buscar la mejor en las categorías de entre \$30000 a 60000 MXN y las de más \$60000 MXN, ya que la empresa está creciendo brutaemente se debe seguir buscando la mejora para poder seguir dado un mejor resultado en cuanto tiempo de respuesta de solicitudes de compra, como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9** Comparación de tiempos

Categorías por monto	Cantidad solicitudes	Tiempo Anterior (min)	Tiempo de propuesta (min)
Menor de \$30000	33	1395.9	273.9

De acuerdo a la tabla 6 podemos observar que se obtuvo una disminución de solicitudes de las cantidades de menos de \$30,000 en un 100%. Así con este resultado se cumple con el objetivo propuesto, liberar solicitudes de forma más rápida y en un menor tiempo, cumpliendo con la satisfacción del cliente.

## Referencias

- Imai, M. (2014). Gemba Kaizen, un enfoque de sentido común para una estrategia de mejora continua. 2ª. Edición. Madrid, España: Kaizen Institute.
- Socconini, L. (2016). Lean Manufacturing, paso a paso. Tlalnepantla; México: Norma.
- Villaseñor, A. y Galindo, E. (2009). Manual de Lean Manufacturing, Guía básica. 2ª. Edición. D.F.; México: Limusa.

## DISMINUCIÓN DE COSTOS DE BALANCEO DE LÍNEA EN ÁREA DE PANTALÓN, “SECCIÓN 2 DELANTEROS”

O. Bahena-Palacios, E. Hurcino-Salgado, R. Rivera-Flores, P. F Pérez-Cabrera.  
N. Rodríguez- Bucio

*Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Iguala. Iguala - Taxco, Adolfo López Mateos, 40030 Iguala de la Independencia, Gro., México-[orbehahena19@gmail.com](mailto:orbehahena19@gmail.com), [hurcinos@gmail.com](mailto:hurcinos@gmail.com), [robertorf1997@gmail.com](mailto:robertorf1997@gmail.com), [Ingfelipe67@hotmail.com](mailto:Ingfelipe67@hotmail.com), [nor\\_ma3777@hotmail.com](mailto:nor_ma3777@hotmail.com)*

**Área de participación:** Manufactura esbelta y calidad

**Resumen:** El control de inventarios es un asunto de gran importancia para la industria manufacturera. Las materias primas tales como la tela y el hilo, deben ser programadas y almacenadas para la producción. El abastecimiento de cada operación debe ser en proporción y estar a la mano en las cantidades adecuadas con la finalidad de no generar un sobre costo de prendas almacenadas. El proceso puede ser afectado por falta de mano de obra, mantenimiento de la maquinaria o retraso de algún suministro esencial de la producción (área de piezas chicas). Se analizará la factibilidad de la implementación de inventarios multietapas con lo cual se busca almacenar productos semielaborados (piezas separadas) para evitar retrasos o cuellos de botella en la producción, y así tener un ahorro y por ende tener un menor costo en la mano de obra o solución en la línea de producción en caso de que se presente alguno de los problemas ya mencionados.

### Introducción

En la actualidad las empresas manufactureras requieren un control de inventarios, con el fin de que cada operación (etapa de proceso) sea de manera abastecida y continua. Esto se logra mediante la ayuda de inventarios multietapas aplicado en el balaceo de línea, para que de manera directa a determinado tiempo se pueda dar una solución con menor e incluso sin costo extra.

### Fundamento Teórico

Balaceo de línea enfocado al control de inventario multietapas, el inventario multietapas consiste en almacenar en más de una etapa el proceso de producción secuencial, por lo que se generan inventarios multietapa. La figura (1) ilustra el diagrama de proceso de la sección “2” traseros.

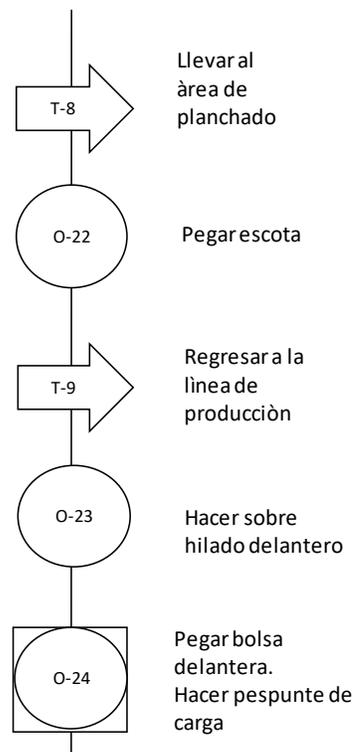
Diagrama de flujo de proceso, es una representación gráfica que representa paso a paso de manera secuencial las actividades, dentro de un proceso o procedimiento, representado mediante símbolos; incluye además toda la información que se requiere para el análisis del proceso. Este diagrama presenta detalladamente el proceso tales como, operaciones, trasportes, demoras, inspecciones y almacenaje.

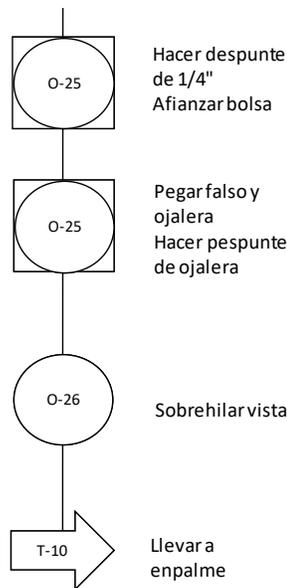
Tabla 1. Simbología de diagrama de flujo

Simbología	Representa
▽	Inmisión
○	Operación
→	Transporte
□	Inspección

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el proceso real de manera secuencial basado en la línea de área de pantalones, sección "2" traseros, mostrando así las diversas operaciones codificadas como se observa en el diagrama (figura 1).

### SECCIÓN 2 DELANTERO





**Figura 1.** Diagrama de flujo, como se observa en el diagrama la línea de la sección tiene 21 operaciones y 14 trasportes por lo que el flujo tiene mucho transporte de materiales.

Toma de tiempo, es la medición del trabajo del operario; esta actividad implica la técnica por excelencia que establece un estándar de tiempo permisible para realizar una actividad determinada, con la base en la medición del trabajo, con la debida consideración de la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables (suplementos).

El enfoque para el estudio de tiempos para la medición de trabajo se utiliza un cronometro con el cual se recauda los tiempos de las actividades del proceso. Para el estudio de tiempos es necesario tener en cuenta cinco pasos elementales:

1. Selección del trabajo.
2. Tamaño de muestra.
3. Valoración del ritmo de trabajo.
4. Suplementos.
5. Calculo del tiempo estándar.

El cálculo del tiempo estándar de producción y operaciones es un criterio establecido como base para la comparación al examinar o juzgar el producto; este se medirá en centésimas de minutos para cada operación de la línea. Este dato se tomará directamente al trabajador en su estación de trabajo y se calculará estadísticamente en base a la toma de tiempo real empleado en la producción, muestreado aleatoriamente, considerando diferentes horarios, personas y días de trabajo.

La cédula de toma de tiempo estándar es el registro del tiempo total por operación, de cada operario como se observa en la tabla 2 se registran los datos tales como: el nombre de la operación y del operario, así como, el tiempo estándar que se

calcula al operario al realizar las operaciones (los tiempos fueron tomados en minutos y convertidos a centésima de segundo).

**Tabla 2.** Cédula de tiempo estándar.

TIEMPO ESTANDAR Y PIEZAS POR HORA				
DEPARTAMENTO: PANTALON				
SECCION: "2" DELANTEROS				
CÓDIGO	OPERARIO	OPERACIÓN	TPO. UNIT	PROD. X HR
3201	SANTIAGO	FUSIONAR REF. BOLSA	0.42	142.9
3202	FERMÍN SALGADO	SOBREHILAR DELANTEROS	1.88	31.9
3205	FATIMA VILLASANA	PESPUNTE DE BOLSA 1/4 Y AFIANZAR BOLSA	1.36	182.1
3221	ADRIANA SOLANO	COSEAR ANCLA	0.75	80
3206	JOSEFINA CERÓN	SOBREHILAR VISTAS Y ANCLA	0.52	115.4
3207	DAVID MONTES	PEGAR FALSO Y OJALERA A DEL. Y PESPUNTE DE OJALERA	1.05	257.1

Una vez tomado los tiempos y datos de cada operario que se registran en la tabla anterior, se procede al cálculo de tiempo estándar aplicando la fórmula que se muestra a continuación:

$$\frac{\sum \lambda_j}{n} \approx t_p$$

Donde:

$\sum \lambda_j$ = Sumatoria total de ciclos de tiempo.

n= número de muestras tomadas

$t_p$ = tiempo promedio

$t_e$ = tiempo estándar

Balanceo de línea, en toda empresa, el diseño de líneas para sistemas de producción es de suma importancia debido a que la situación económica de las mismas depende del rendimiento de fabricación. Como toda la fabricación es una función con valor agregado, la eficiencia de las actividades contribuirá de manera destacada en la rentabilidad económica de la empresa a corto y a largo plazo.

El diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. El problema del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizarán un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo.

Para poder realizarla el balanceo de línea previamente se hace un estudio de tiempo de las operaciones el cual nos ayuda a determinar la capacidad de cada persona para realizar la operación de trabajo.

El objetivo del balanceo de línea es encontrar el número de estaciones de trabajo (trabajadores), de manera que se puedan alcanzar el nivel deseado de producción; todo esto se debe llevar a cabo de tal manera que los recursos que se emplean como insumos sean minimizados.

Nuestro procedimiento para el diseño del balanceo de línea implica seis etapas:

1. Definir las actividades elementales.
2. Identificar los requerimientos de procedencia
3. Calcular el número mínimo de estaciones de trabajo.
4. Aplicar una heurística de asignación para especificar el contenido de trabajo de cada estación.
5. Calcular la eficiencia y la eficacia
6. Buscar mejoras subsecuentes.

E	Eficiencia planeada por analista	90 %, equivalente a 0,9	?
P	Producción requerida por turno	800 piezas fabricar por turno	?
H	Horas por turno de trabajo	9,5 horas, equivalente a 570 minutos	minutos/turno

Cálculo del índice de productividad IP, Mediante el uso de la formula  $IP = P / H$

$$\frac{800}{570} = 1.403508772$$

570

IP = 1.403508772 piezas /minuto.

Esperaremos entonces 1.403508772 piezas por minuto durante las 9.5 horas laborales.

En la Tabla 3. Usted puede visualizar en la última columna el total de piezas acumuladas durante la semana por cada uno de los trabajadores, tenemos 30 operarios trabajando 9.5 horas diarias, en jornadas de lunes a viernes.

El ejemplo es Leonor que reunió 135 a la semana.

**Tabla 3. Balanceo de línea.**

SECCION "2"

SECCION: DELANTEROS

CUOTA DIARIA: 800 PZAS

9.5

BALANCEO DE LINEA

OPERACIÓN	PERSONA ASIGNADA	TPO. UNIT	PROD X HR	PROD. DIARIA	HORAS.	HRS SOBRAIN	PERS. NEC.	EFICIENCIA %	CONTROL DE INVENTARIO					TOTAL
									DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	
FUSIONAR REF. BOLSA	SANTIAGO	0.42	143	900	6.3	3.2	0.7	152	90	90	90	90	90	450
SOBREHILAR DELANTEROS	VICTOR MAYA	1.88	32	900	28.2	-18.7	3.0	34	18	18	18	18	18	90
SOBREHILAR DELANTEROS	GUADALUPE SOLANO	1.88	32	900	28.2	-18.7	3.0	34	18	18	18	18	18	90
SOBREHILAR DELANTEROS	FERMÍN SALGADO	1.88	32	900	28.2	-18.7	3.0	34	18	18	18	18	18	90
SOBREHILAR DELANTEROS	EVARISTO HERNÁNDEZ	1.88	32	900	28.2	-18.7	3.0	34	18	18	18	18	18	90
SOBREHILAR DELANTEROS	JULIO DEGANTE	1.88	32	900	28.2	-18.7	3.0	34	18	18	18	18	18	90
PEGAR BOLSAS Y HACER PESPUNTE DE CARGA	ROSA FAUSTINO	1.31	46	900	19.7	-10.2	2.1	49	22	22	22	22	22	110
PEGAR BOLSAS Y HACER PESPUNTE DE CARGA	KARLA LARA	1.31	46	900	19.7	-10.2	2.1	49	22	22	22	22	22	110
PEGAR BOLSAS Y HACER PESPUNTE DE CARGA	EDGAR RAMIREZ	1.31	46	900	19.7	-10.2	2.1	49	22	22	22	22	22	110
PEGAR BOLSAS Y HACER PESPUNTE DE CARGA	ALEJANDRO RIOS	1.31	46	900	19.7	-10.2	2.1	49	22	22	22	22	22	110
PESPUNTE DE BOLSA 1/4 Y AFIANZAR BOLSA	FATIMA VILLASANA	1.36	44	900	20.4	-10.9	2.1	47	22	22	22	22	22	110
PESPUNTE DE BOLSA 1/4 Y AFIANZAR BOLSA	AMELIA ANAYA	1.36	44	900	20.4	-10.9	2.1	47	22	22	22	22	22	110
PESPUNTE DE BOLSA 1/4 Y AFIANZAR BOLSA	MARIA DOLORES TAPIA	1.36	44	900	20.4	-10.9	2.1	47	22	22	22	22	22	110
PESPUNTE DE BOLSA 1/4 Y AFIANZAR BOLSA	NANCY AGAPITO	1.36	44	900	20.4	-10.9	2.1	47	22	22	22	22	22	110
COSER ANCLA	SALVADOR	0.75	80	900	11.3	-1.8	1.2	85	45	45	45	45	45	225
COSER ANCLA	ADRIANA SOLANO	0.75	80	900	11.3	-1.8	1.2	85	45	45	45	45	45	225
SOBREHILAR VISTAS Y ANCLA	JOSEFINA CERÓN	0.52	115	900	7.8	1.7	0.8	123	90	90	90	90	90	450
PEGAR FALSO Y OJALERA A DEL. Y PESPUNTE DE OJALERA	DAVID MONTES	1.05	57	900	15.8	-6.3	1.7	61	30	30	30	30	30	150
PEGAR FALSO Y OJALERA A DEL. Y PESPUNTE DE OJALERA	GLORIA ALCARAZ	1.05	57	900	15.8	-6.3	1.7	61	30	30	30	30	30	150
PEGAR FALSO Y OJALERA A DEL. Y PESPUNTE DE OJALERA	JOSELIN RUIZ	1.05	57	900	15.8	-6.3	1.7	61	30	30	30	30	30	150

**Tabla 4. Control de asistencia de operarios.**

NOMBRE	01-sep-18	02-sep-18	03-sep-18	04-sep-18	05-sep-18	06-sep-18	07-sep-18	08-sep-18	09-sep-18	10-sep-18	11-sep-18	12-sep-18	13-sep-18	14-sep-18	15-sep-18	16-sep-18	17-sep-18	18-sep-18	19-sep-18	20-sep-18	21-sep-18	22-sep-18	23-sep-18	24-sep-18	25-sep-18	26-sep-18	27-sep-18	28-sep-18	29-sep-18	30-sep-18	
	1 SANTIAGO			●	●	●	●	x			●	x	●	●			x	●	●	●	x	●			●	x	●	●	●		
2 VICTOR MAYA		x	●	●	●	●				●	●	x	●	●			●	●	●	●	●			●	x	●	●	x			
3 GUADALUPE SOLANO			●	●	x	●	●			x	●	●	●	●			●	●	x	●	●			●	x	●	●	●			
4 FERMÍN SALGADO			●	●	●	●	●			●	●	x	●	●			x	●	●	●	●			●	●	x	●	●			
5 EVARISTO HERNÁNDEZ			●	●	●	x	●			●	●	●	x	●			●	●	●	●	●			●	x	●	●	●			
6 JULIO DEGANTE			●	x	●	●	●			x	●	●	●	●			●	x	●	●	●			●	●	●	●	x			
7 ROSA FAUSTINO			●	●	●	●	x			x	●	●	●	●			x	●	●	●	●			●	●	x	●	●			
8 KARLA LARA			●	●	x	●	●			●	●	x	●	●			●	●	●	●	●			●	●	x	●	●			
9 EDGAR RAMIREZ			●	●	●	x	●			●	●	●	●	●			●	x	●	●	●			●	●	●	●	●			
10 ALEJANDRO RIOS			●	●	●	●	x			●	●	x	●	●			x	●	●	●	●			x	●	●	●	●			
11 FATIMA VILLASANA			x	●	●	●	●			x	●	●	●	x			●	●	●	●	●			x	●	●	x	●			
12 AMELIA ANAYA			●	x	●	●	●			●	●	●	●	●			x	●	●	●	●			●	●	●	●	x			
13 MARIA DOLORES TAPIA			●	●	x	●	x			●	●	x	●	●			●	●	●	●	x			●	●	●	●	●	x		
14 NANCY AGAPITO			x	●	●	●	●			●	x	●	●	●			●	x	●	●	●			●	●	x	●	●			
15 SALVADOR			●	●	x	●	●			●	●	●	●	●			x	●	●	●	●			●	●	●	●	x			
16 ADRIANA SOLANO			x	●	●	●	●			x	●	●	●	●			●	●	●	●	●			●	●	●	●	x			
17 JOSEFINA CERÓN			●	●	x	●	●			●	●	●	●	●			x	●	●	●	●			●	●	●	●	●			
18 DAVID MONTES			●	●	●	●	●			x	●	●	●	●			●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	x		
19 GLORIA ALCARAZ			x	●	●	●	●			●	●	●	●	●			●	●	x	●	●			●	●	●	●	●			
20 JOSELIN RUIZ			●	●	●	x	●			●	●	●	●	●			x	●	●	●	●			●	●	●	●	x			

El mes de septiembre cuenta con 4 semanas de trabajo laboral, donde se registra la falta de operarios con una x que en este proyecto indican las prendas que no se elaboraron por día. Que fluctuaron entre 27,40 y 80 prendas. Las cuales afectan el inventario total mensual y que representan un problema de ausentismo y nuevas contrataciones.

## Resultados

En la tabla se visualizará el control de inventario inicial y el inventario semanal durante el mes de septiembre de cada una de las personas y sus operaciones. El ejemplo es Leonor Santiago que tiene un inventario inicial de 450 prendas en todas las semanas tienen faltas por lo que se le va acumulando.

$$(I_i) + (I_s) - (F_{pd} - I_d) = \text{total de inventario semanal}$$

Donde:

$I_i$ =inventario inicial

$I_s$ = inventario semanal

$F_{pd}$ =falta (producción por día)

$I_d$ = inventario por día

**Tabla 5.** Control de inventario.

	NOMBRE	faltas	inventario inicial	1	2	3	4	inventario final
1	SANTIAGO	5	450	810	1170	1440	1800	1800
2	VICTOR MAYA	4	90	162	234	306	378	378
3	GUADALUPE SOLANO	4	90	162	234	306	378	378
4	FERMIN SALGADO	3	90	180	252	324	396	396
5	EVARISTO HERNÁNDEZ	4	90	162	234	306	378	378
6	JUJO DEGANTE	4	90	162	234	306	378	378
7	ROSA FAUSTINO	4	110	198	286	374	462	462
8	KARLA LARA	3	110	198	286	396	484	484
9	EDGAR RAMIREZ	2	110	198	308	440	550	550
10	ALEJANDRO RIOS	5	110	198	286	352	440	440
11	FATIMA VILLASANA	5	110	198	286	352	440	440
12	AMELIA ANAYA	3	110	198	308	396	484	484
13	MARIA DOLORES TAPIA	4	110	198	308	374	352	352
14	NANCY AGAPITO	4	110	198	308	374	352	352
15	SALVADOR	4	225	405	585	765	945	945
16	ADRIANA SOLANO	3	225	405	585	765	945	945
17	JOSEFINA CERÓN	2	450	900	1260	1620	1980	1980
18	DAVID MONTES	2	150	300	420	570	690	690
19	GLORIA ALCARAZ	2	150	300	420	570	690	690
20	JOSELIN RUIZ	3	150	270	390	540	660	660

## Conclusiones

Podemos analizar que la empresa tenemos el equivalente al ausentismo de dos meses de trabajo de una persona. 30 trabajadores trabajando a un índice de producción de 1.4 piezas por minuto pueden fabricar 800 piezas en un día.

Se resume que de los 16000 pantalones mensuales esperados solo se fabrican 14,400 sacos que es un 90% de eficiencia, con un ausentismo del 10%. Los trabajadores más eficientes y rápidos lograron 9,283 sobreproducción al mes si no hubiera faltado los 30 trabajadores 60 días totales durante el mes, el inventario total acumulado tendría 9,283 + 16000 un total de 10,883 prendas mensuales.

**Tabla 6.** Control de inventario.

	NOMBRE	inventario final	faltas	descuento
1	SANTIAGO	1800	5	700
2	VICTOR MAYA	378	4	560
3	GUADALUPE SOLANO	378	4	560
4	FERMÍN SALGADO	396	3	420
5	EVARISTO HERNÁNDEZ	378	4	560
6	JULIO DEGANTE	378	4	560
7	ROSA FAUSTINO	462	4	560
8	KARLA LARA	484	3	420
9	EDGAR RAMIREZ	550	2	280
10	ALEJANDRO RIOS	440	5	700
11	FATIMA VILLASANA	440	5	700
12	AMELIA ANAYA	484	3	420
13	MARIA DOLORES TAPIA	352	4	560
14	NANCY AGAPITO	352	4	560
15	SALVADOR	945	4	560
16	ADRIANA SOLANO	945	3	280
17	JOSEFINA CERÓN	1980	2	280
18	DAVID MONTES	690	2	280
19	GLORIA ALCARAZ	690	2	280
20	JOSELIN RUIZ	660	3	420

De esta manera se optimiza el trabajo que se realiza por parte de los operarios.

### Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado en este artículo elaborado a nuestros profesores y la empresa que nos brindó el apoyo necesario para que dicho artículo sea presentado.

### Referencias

1. Buffa, E. S., R. G. Miller, "Production-Inventory Systems: Planning and Control", Homewood, 3rd ed, 1979.
2. Hadley, G., and T. M. Whitin, "Analysis of Inventory Systems", Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall, 1963.
3. Harris, F. W., "Operations and Costs", Chicago: A. W. Shaw Company, 1915.
4. Starr, M. K., and D. W. Miller, "Inventory Control: Theory and Practice", Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1962

## ANÁLISIS Y DESARROLLO DE PROCESOS INDUSTRIALES (EN EL ÁREA DE SACO)

Juan Carlos Kido Miranda, Verónica Petra Hernández Pastrana Brandon Miguel Ríos Díaz,  
Jorge Armando Martínez López y Ricardo Valverde Mendoza

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial Instituto Tecnológico de Iguala-

[kidojuancarlos@hotmail.com](mailto:kidojuancarlos@hotmail.com), [veropas7@hotmail.com](mailto:veropas7@hotmail.com), [brandonrios1070859@gmail.com](mailto:brandonrios1070859@gmail.com),  
[jorgearmandomartinezlopez@gmail.com](mailto:jorgearmandomartinezlopez@gmail.com), [valverdervm777@hotmail.com](mailto:valverdervm777@hotmail.com), Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Iguala / Iguala- Taxco, Adolfo López Mateos, 40030 Iguala de la Independencia, Gro.

*Área de participación: Ingeniería Industrial*

**Resumen:** En el presente trabajo se mostrará toda la información que se recopiló en la empresa "TRAJES INIGUALABLES S.A. DE C.V." y se analizó los diferentes problemas que tiene la maquiladora, en base a todo eso se desarrolló el tema de "ANÁLISIS Y DESARROLLO DE PROCESOS INDUSTRIALES" (EN EL ÁREA DE SACO) que resolverá los problemas encontrados. En este trabajo explicaremos y daremos solución a la falta de productividad de la maquiladora que está ubicada en Iguala Guerrero México, se detallara como resolver algunos problemas que afectan la fabricación de sus productos (sacos). El contenido del proyecto propone una demostración práctica del desarrollo del tema "ANÁLISIS Y DESARROLLO DE PROCESOS INDUSTRIALES (EN EL ÁREA DE SACO)" en la maquiladora de trajes que lleva por nombre "TRAJES INIGUALABLES S.A. DE C.V." que está ubicada en la Ciudad de Iguala de la Independencia, Gro. Pretende hacer evidente y corregir algunos de los factores que impiden elevar la eficiencia y eficacia de los procesos de producción, así como los indicadores necesarios para evaluar, ajustar y regular las actividades involucradas en todo proceso productivo de la maquiladora. En la actualidad las empresas se preocupan por conocer a sus operarios referentes a sus fortalezas y debilidades es donde entra el concepto de capacitación, ya que es primordial en toda organización capacitar al personal de nuevo ingreso, intermedio y el que desea conocer otra actividad, con la finalidad de acrecentar sus fortalezas y mejorar su productividad.

### Introducción

TRAJES INIGUALABLES S.A. DE C.V. Cuenta con una gran variedad de elaboración de trajes para dama y caballero que son de muy buena calidad y excelente fabricación, dando esto una buena imagen a los clientes y proveedores que les mandan maquilar.

Hoy en día la fábrica de trajes importa sus productos a diferentes lugares y tiendas de prestigio a lo ancho y largo de la república y algunos son exportados a Estados Unidos entre otros lugares, dicha fábrica tiene diferentes clientes por mencionar algunos, la Marina, GNP Seguro, algunas escuelas y al sector Gobierno entre otros más.

Hablemos de la falta de capacitación que muchas empresas tienen ya que a falta de eso no llegan a su nivel máximo de producción, la capacitación es una parte fundamental y de vital importancia ya que con esto el empleado tiene que prever muchas de las fallas que puede tener a la hora de trabajar, en este caso operar una máquina para coser y explicarle como hacer la operación dándole como ejemplo el coser una manga, unir centro espalda o simplemente en unir delanteros, que son parte de los componentes de un saco.

- Objetivo general

Brindar capacitación al personal que ingrese a laborar a la empresa TRAJES INIGUALABLES S.A. DE C.V., también al personal intermedio para evitar que no existan accidentes dentro de las instalaciones y evitar también la falta de conocimientos al elaborar las prendas.

- Objetivos específicos

Cumplir con los lineamientos que las leyes ponen, una de ellas es la capacitación; de acuerdo al artículo 132 de la ley federal de trabajo se le dará capacitación a todo personal, dicho artículo dice que son obligaciones de los patrones brindarle capacitación a su personal para que tengan un mejor rendimiento.

Dicha capacitación se le brindara al personal nuevo, intermedio o avanzado eso para tener una mejor productividad en su trabajo, así mismo se les pregunto qué operación tienen en mente para aprender y darles a saber que máquinas puede operar y así cuando un operador haga falta en la fábrica se puedan acomodar acorde a lo que saben a hacer.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

- Problemas a resolver

La empresa TRAJES INIGUALABLES S.A. DE C.V especializada en diseño y fabricación de sacos y pantalones para dama y caballero, implementó nuevos departamentos para la mejora de un nuevo producto que sale a la venta.

Uno de los problemas que más aqueja a las empresas, es cuando un trabajador entra a operar una maquiladora sin saber nada de cómo se trabaja, debido a esto ocurren accidentes y el patrón tiene que cubrir los gastos de su trabajador y para evitar esto el patrón está en el derecho de capacitarlo para evitar que esto suceda nuevamente, en algunos casos por cuestión de tiempo o de falta de personal, dichos trabajadores no los capacitan como debe de ser.

Uno de los principales motivos es que las empresas pierden tiempo y esto conlleva a que el trabajador ingresa a su área de trabajo sin saber operar una máquina de coser y por consiguiente tiene un accidente dentro de su trabajo, por ese motivo la fábrica implemento un programa para detectar fallas dentro de los trabajadores, estos problemas se resolvieron con el paso del tiempo ya que día a día se observó la forma de como un trabajador produce o ejecuta una operación dentro de la fábrica.

El problema principal que se detectó el por qué un operador no produce las cantidades de prenda que tiene que elaborar a lo largo del día, y el por qué no da su máximo rendimiento.

#### **1. Alcances**

El proyecto fue diseñado para resolver uno de los problemas que tiene la fábrica, el principal problema es la falta de capacitación al personal que labora en ella, la metodología que se aplicara es "ANÁLISIS Y DESARROLLO DE PROCESOS INDUSTRIALES (EN EL ÁREA DE SACO)"

Con la aplicación de esto llevara a mejorar la productividad y lograr una mayor calidad y eficiencia en las diferentes áreas de producción de un saco, que los trabajadores tenga un mejor conocimiento de cómo laborar y tardarse menos en su tiempo normal de producción en su área de trabajo.

Tomando el tiempo real por operario se puede establecer un tiempo estándar de producción y cumplir con la meta diaria sin forzarlo mucho y teniendo sus tiempos para descansos implicados por fatiga, cansancio, ir al baño o para tomar agua entre otras cosas más.

## **2. Limitaciones**

Las limitaciones principales que se encontró al aplicar este proyecto es que los operarios no querían o tenían miedo a darnos información de su tiempo que se tardan en la elaboración de sus prendas, así mismo cuando se pasaba a tomarles tiempo para obtener su tiempo estándar de producción y ver cuantas prendas por día elaboran ellos se sentían incomodos y se tardaban más del tiempo de lo normal y eso hacía que los tiempos cambiaran drásticamente afectando al trabajo que se iba a realizar.

Se tiene un registro de 482 personas laborando en TRAJES INIGUALABLES S.A. DE C.V., integrado por personal de administración, corte, confección y demás.

Actualmente la producción también ha aumentado, en el área de Saco que se producen 900 prendas a diario, por otro lado, el área de Pantalón cuenta con una producción de 1250 prendas diariamente.

Cada integrante cuenta con aptitudes que enriquecen a la empresa, por ello se les brinda la oportunidad de crecer a cada uno de ellos y así estimularlos en todos los sentidos para fortalecer el vínculo empresa-trabajador.

Esto conlleva a que si esta fábrica tiene un programa de capacitación al personal esta cifra podría aumentar y sin forzar al operario, la capacitación sería una opción viable para el operario y así mismo que llegaran a cumplir la meta establecida y evitar que los operarios se queden a laborar más tiempo y en ocasiones trabajan los fines de semana para culminar con su producción.

## **Resultados y Discusión**

El trabajar en una fábrica sin programa de capacitación es complicado debido a que los operarios ingresan a laborar sin saber nada llevándolos a que pueda ocurrir un accidente por no saber operar una máquina con base a los puntos del proyecto se llevó a mejorar la productividad ya que el programa se le dará a todo personal nuevo, intermedio y avanzado.

Dentro del proceso del saco y del chaleco se realizó el siguiente diagrama de producción, contempla la primera parte que es sección primera A.

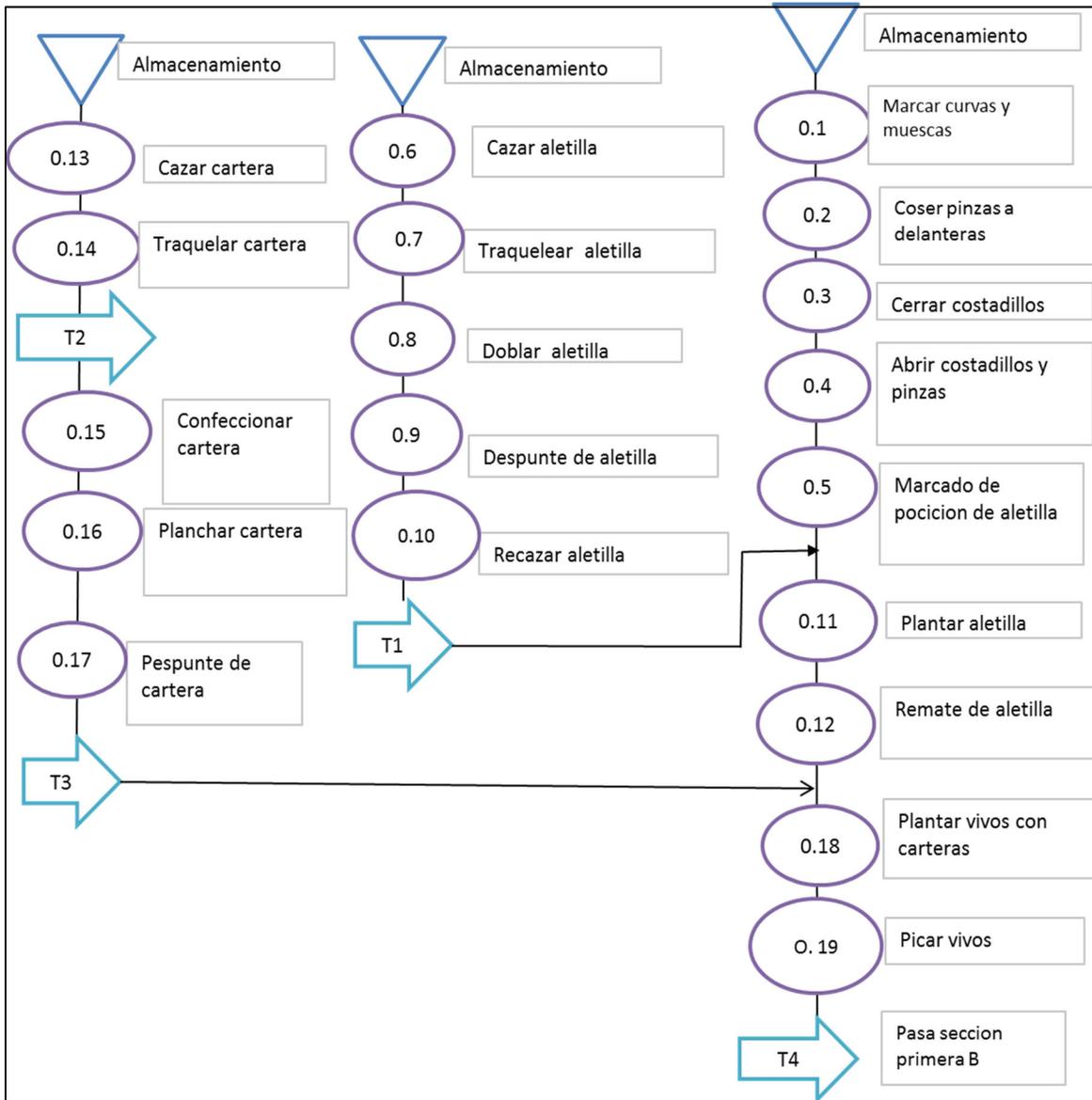


Figura 1. Diagrama de procesos primera A

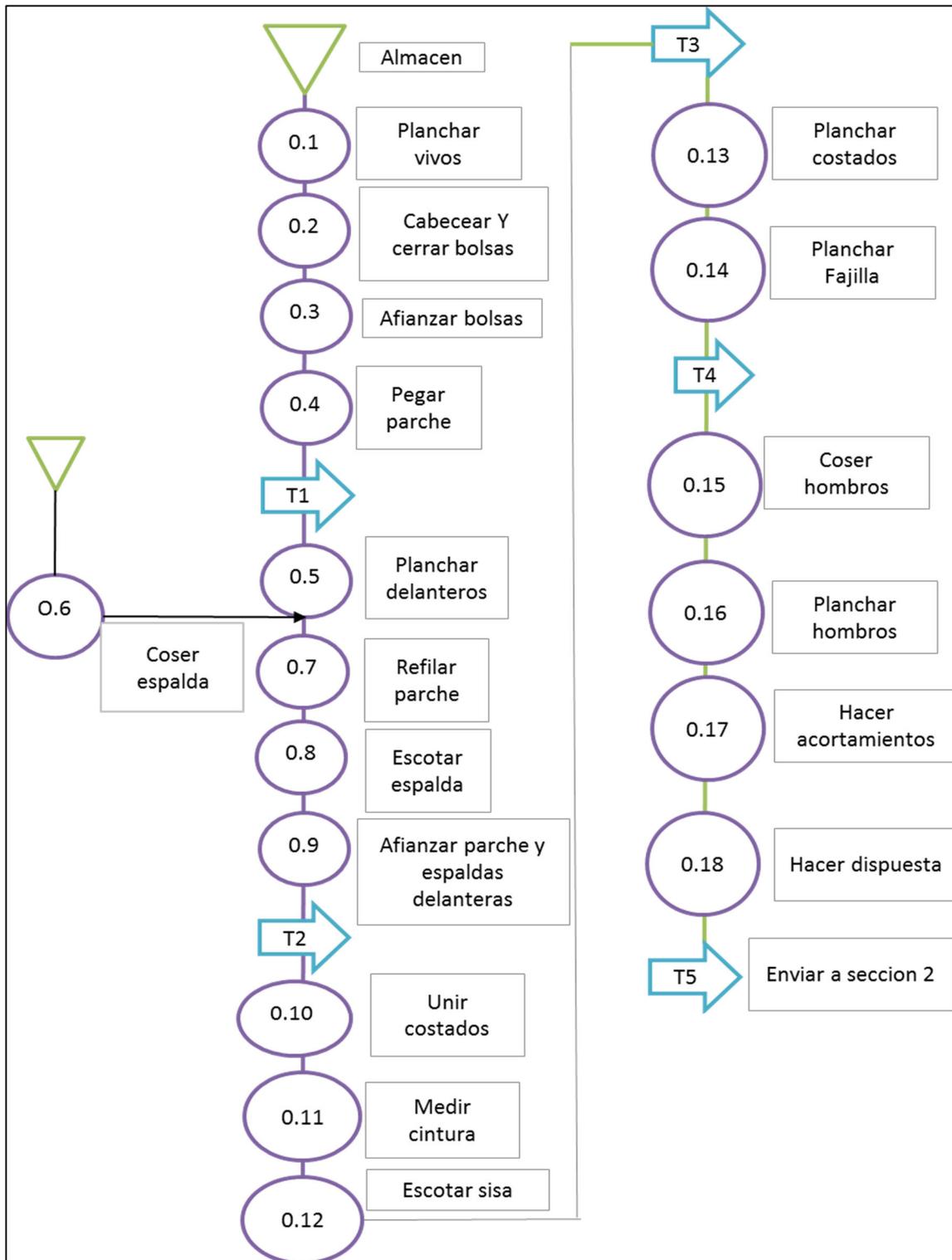


Figura 2 Diagrama de procesos sección primera B

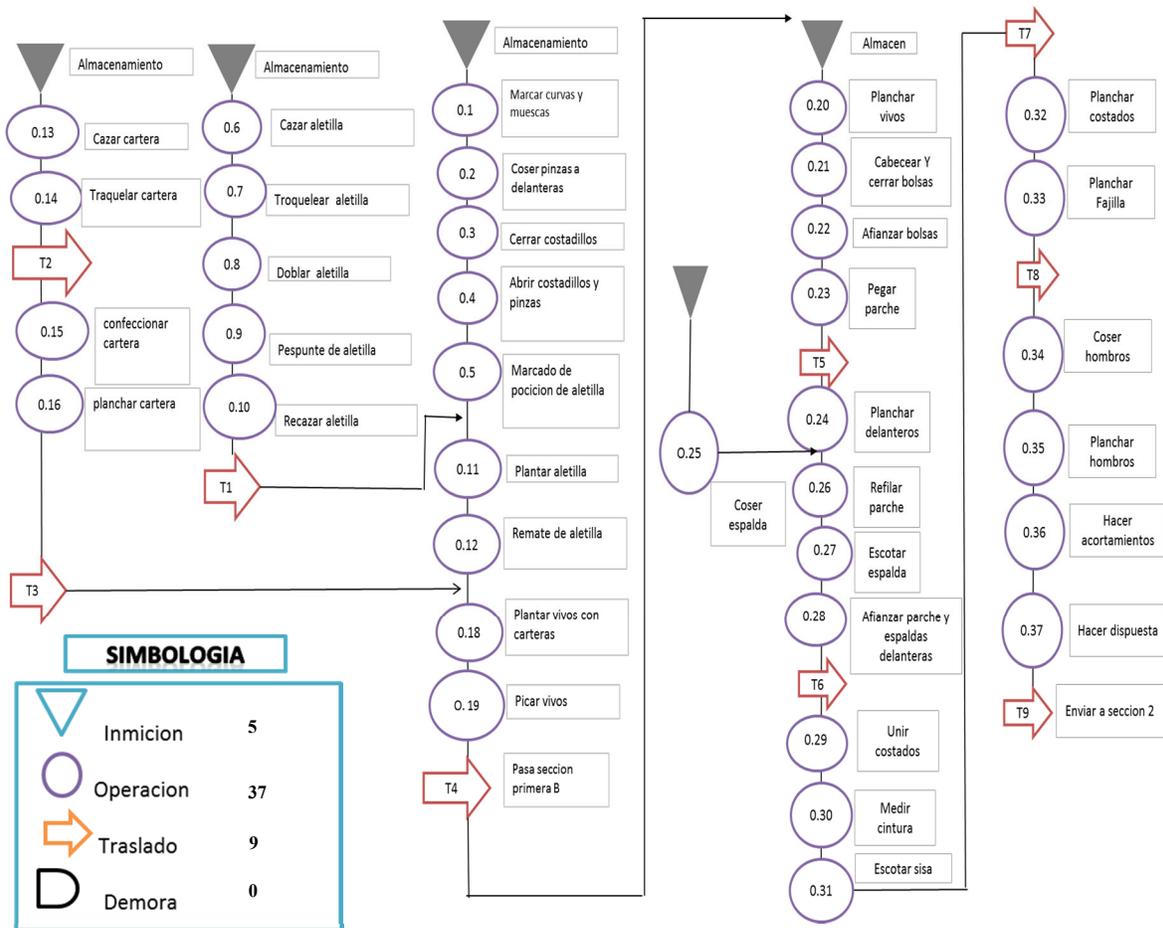


Figura 3 Diagrama de procesos sección primera A y primera B

Operaciones del chaleco sección primera A y primera B. ver (Fig.4) muestra el proceso del chaleco.

- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 1.-Marcar curvas y muescas         | 13.- Planchar vivo               |
| 2.-Cerrar espalda                  | 14.- Pegar bolsa                 |
| 3.-Pegar complemento espalda       | 15.- Afianzar bolsa              |
| 4.-Pegar complemento delantero     | 16.- Pegar cinta                 |
| 5.-Abrir costura a delanteros      | 17.- Acoplar delantero y espalda |
| 6.-Marcado de posición de aletilla | 18.- Unir costados               |
| 7.-Plantar aletilla                | 19.- Medir cintura               |
| 8.-Picar vivos                     | 20.- Planchar costados           |
| 9.-Doblar aletilla                 | 21.- Planchar fajilla            |
| 10.-Coser aletilla a bias          | 22.- Coser hombros               |
| 11.-Cortar bias                    | 23.- Planchar hombro             |
| 12.-Planchar bias                  |                                  |

Cuando se produce un chaleco, las operaciones cambian debido a que el chaleco es más complejo de hacer y más cuando se produce un chaleco a cuadro que es el más complicado a la hora de corte y confección.

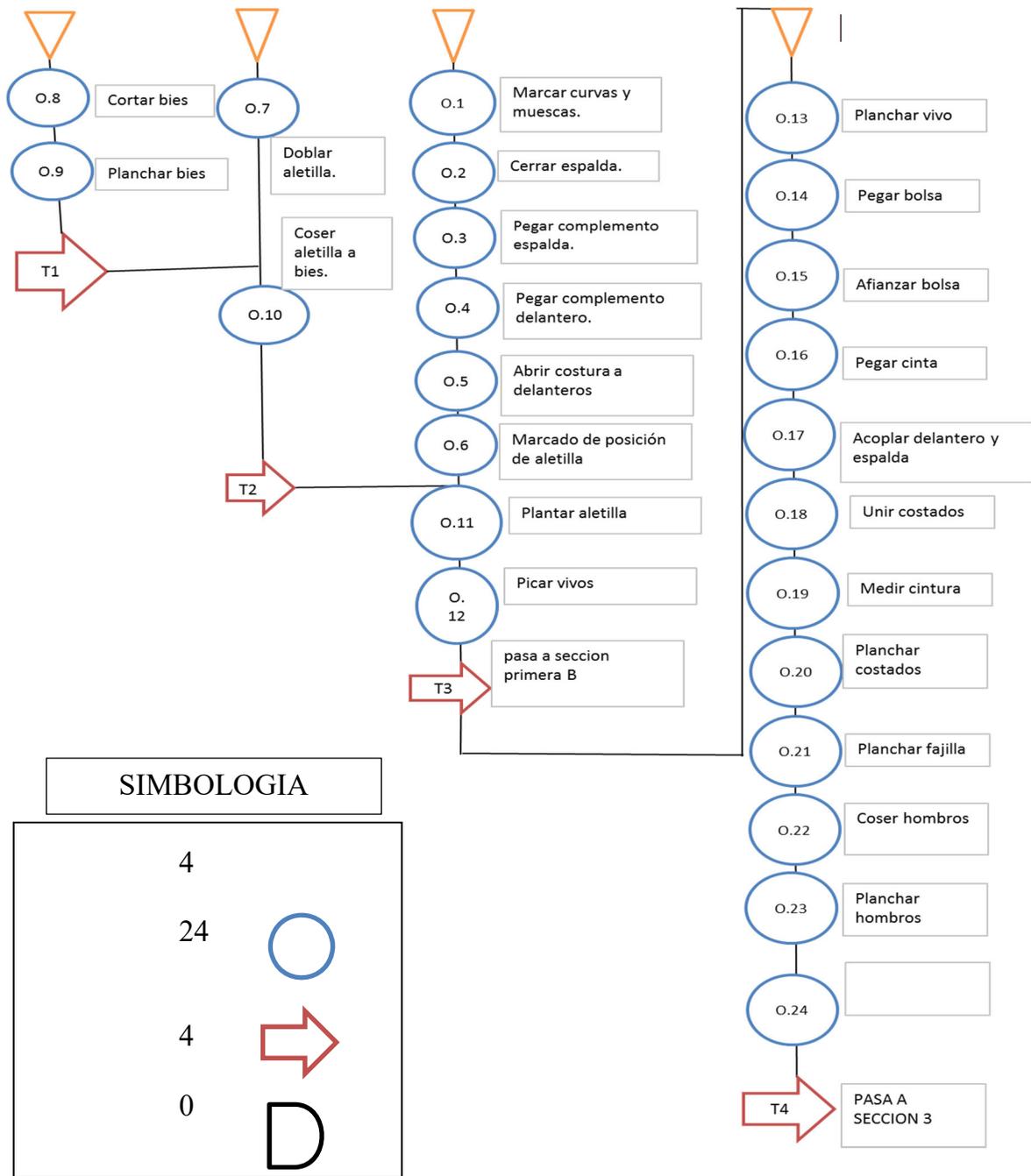


Figura 4. Diagrama de procesos del chaleco

El chaleco cuando no sale bien cazado desde corte tiene serios problemas debido a que cuando se manda a la sección de coser, no coinciden los cuadros y esto detiene la producción o haga que sea lenta y no cubran la cuota diaria de producción

de chaleco. Por eso se requirió el programa de capacitación para explicar y detallar formas nuevas de hacer el trabajo, evitando este tipo de problemas.

Al momento de tomar el tiempo a los operarios, en el chaleco hacia que los tiempos fueran muy elevados no teniendo resultados favorables para la fábrica.

### **Conclusiones**

Toda fábrica tiene la obligación de mejorar día con día ante un mundo globalizado, esforzarse para que su nivel de competitividad sea el mejor y elevando sus estándares de calidad acorde a las demandas de los clientes.

Una fábrica debe de tener los más altos estándares de calidad a la hora de fabricar los trajes que son para la venta externa.

En la elaboración del proyecto cabe mencionar que la toma de decisiones es muy importante debido a que al tomar el tiempo tenemos que ver cuáles son las personas que tomaremos como muestra para tener un buen resultado.

Cada empleado juega un papel muy importante dentro de la fábrica, esto debido a que son ellos los que tienen que ver con la fabricación del saco y son los encargados de generar la mejor imagen posible de la empresa ya que de ellos depende si sale bien la prenda o no.

Podemos concluir que muchos de los empleados toman esto muy en serio debido que les exigen mucho cuando producen las prendas y tienen que tener en mente que todo tiene que salir a la perfección para que los clientes salgan satisfechos con su producto.

El trabajo es muy complicado y los empleados tienden a estar muy presionados al tener en mente que tienen que cerrar con la producción del día, para salir temprano y no asistir en días de descanso.

### **Referencias**

1. (Master Executive en Administracion y Direccion de empresas, 2013)
  2. (Departamento de estructura , historia economica y economia publica, 2016)
  3. (Reyes, 2005)
  4. (Administracion de personal , Un enfoque hacia la calidad, 2006)
  5. (Lechuga, 1998)
- (Derechos y obligaciones de los trabajadores y de los patrones , 2018)

# LA IMPORTANCIA DEL AUTOMANTENIMIENTO PARA ELEVAR LA CALIDAD EN LOS EQUIPOS

D. Domínguez Estudillo<sup>1</sup>, L. Ángeles Hernández<sup>2</sup>, J. Mendoza Hernández<sup>3</sup>, Angélica Gómez Cardenas<sup>4</sup>, Oscar Jimenez Estevez<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla- [daniel.dominguez@itcuautla.edu.mx](mailto:daniel.dominguez@itcuautla.edu.mx), <sup>2</sup>Departamento de Sistemas Computacionales del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla, [leonor.angeles@itcuautla.edu.mx](mailto:leonor.angeles@itcuautla.edu.mx), <sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla- [angelica.gomez@itcuautla.edu.mx](mailto:angelica.gomez@itcuautla.edu.mx), <sup>4</sup>Departamento de Económico-Administrativo del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla- [oscar.jimenez@itcuautla.edu.mx](mailto:oscar.jimenez@itcuautla.edu.mx), <sup>5</sup>Departamento de Ingeniería Mecatrónica del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla

**Área de participación:** Manufactura Esbelta y Calidad (IIN)

**Resumen:** En todos los procesos productivos se ha minimizado por muchos años la importancia de los equipos y las maquinarias en la calidad de los productos, por lo que no se ha analizado de forma exhaustiva su participación en el proceso, esta publicación sugiere una metodología interactiva entre el operador y la maquina o equipo y así reducir de forma significativa la aportación de problemas de calidad por esta causa.

**Palabras clave:** Proceso, Maquinaria, Metodología, Problemas.

## Introducción

El auto mantenimiento es un sistema de trabajo mediante el cual el operador realiza en su equipo operaciones tales como: revisión diaria de funcionamiento, suministro de lubricantes, cambio de pequeñas partes, búsqueda de anomalías y chequeo de calidad con el fin de dar mantenimiento por sí mismo.

El auto mantenimiento genera una serie de beneficios económicos en las organizaciones que lo asumen que parece increíble que su implantación en empresas no sea mayor.

Beneficios del auto mantenimiento:

Desde el punto de vista de la productividad:

- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- Reducción de los costos de mantenimiento
- Reducción de los tiempos de reacción ante imprevistos en la producción
- Mejora de la calidad del producto final
- Eliminar pérdidas que afectan a la productividad
- Menor costo financiero por cambios
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica

Desde el punto de vista organizativo:

Aprendizaje permanente  
Mejora de calidad del ambiente de trabajo  
Mejor control de las operaciones  
Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal  
Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas

Desde el punto de vista de la seguridad:

Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes  
Mejorar las condiciones ambientales  
Entender el porqué de ciertas operaciones, en lugar de como hacerlas

### **Fundamento Teórico**

Los principales obstáculos con los que nos vamos a encontrar durante la implantación de políticas de auto mantenimiento serán:

Resistencia por parte de los operarios a “tener que realizar más tareas”  
Resistencia de producción, presión de la demanda  
Ansiedad por resultados a corto plazo  
Falta de rigor, sobre todo a largo plazo  
Movilidad de la mano de obra

Para superar dichos obstáculos se ha generado una metodología que ayude a reducir y eliminar (con el tiempo) dichos obstáculos.

Esta metodología consiste en los siguientes pasos:

#### **1. Operador “Fuerte en Máquina”.**

El operador no hace solamente la operación de la máquina, sino debe hacer también el trabajo que antes hacía mantenimiento. Conforme avanza la automatización y uso de robots, crece la necesidad de contar con operadores que pueden realizar éstas funciones de mantenimiento.

Lo más importante que debe poseer el operador, es habilidad para detectar anomalías.

Debe tener habilidad extraordinaria para detectar fallas de calidad y problemas de la maquinaria.

Para eso se requieren las siguientes habilidades:

- Poder establecer estándares para definir condiciones normal o anormal (habilidad para establecer condiciones de la máquina).
- Poder mantener regla de control de condición (habilidad para mantener la maquinaria).
- Poder efectuar rápidamente contramedida correcta para corregir anomalía (Habilidad para tomar contramedida y hacer pequeña reparación).

Solamente la persona que cumple con éstas habilidades, puede detectar anomalías desde la causa original, puede tomar medidas para evitar estas anomalías antes de que aparezcan por lo que puede decirse que este operador es “Fuerte en Máquina”.

Habilidades específicas que debe desarrollar el operador “Fuerte en Máquina”:

1. Habilidad para detectar puntos de falla y habilidad para detectar mejoras.
2. Comprende funcionamiento y mecanismo de la maquinaria y puede detectar causa raíz de anomalía.
3. Comprende la relación máquina-calidad y puede pronosticar problemas de calidad y detecta causa raíz.
4. Tiene habilidad para hacer reparaciones.

Lo enlistado anteriormente implica habilidad de muy alto nivel, por supuesto no se puede adquirir fácilmente es muy importante los conocimientos adquiridos en la capacitación y la experiencia propia.

## **2. Método de desarrollo de las actividades de auto mantenimiento**

- 1) Condiciones básicas:

Las condiciones básicas son 3: Limpieza, Lubricación y Reapriete, y su objetivo es prevenir el desgaste de la maquinaria o equipo.

Limpieza: A través de la limpieza, necesariamente observamos las máquinas detalladamente, y al tocarlas y observarlas, se detecta la suciedad y demás condiciones que pueden generar defectos en los productos, situaciones de desgaste, deformación, fugas, fisuras, vibraciones, temperatura, etc.

Lubricación: La lubricación adecuada incrementa la confiabilidad de los equipos, esto es una condición indispensable para mantener un alto porcentaje de aprovechamiento de los mismos.

Mejorando las funciones de lubricación, contribuiremos a las actividades productivas económicas a través de la reducción de costo de mantenimiento y costo de reparación.

La lubricación adecuada influye en la reducción de falla de los equipos, con la aplicación del auto mantenimiento puede reducirse hasta en un 50% y al mismo tiempo contribuye al ahorro energético.

Actividades esenciales para implementar el auto mantenimiento:

- Es importante suministrar el lubricante adecuado a las funciones de los equipos así como en los tiempos adecuados.
- Estandarizar los instructivos de lubricación para equipos similares y reducir su variación de falla.

- Elaborar tarjetas de control de lubricación (Check list) debe indicar: ayudas visuales, zonas de lubricación, establecer tipo de aceite a utilizar, frecuencia de revisión, para que dicha revisión se realice con la frecuencia establecida.
- Capacitar al personal indicando los puntos críticos de la lubricación en los equipos y al mismo tiempo indicar las diferencias entre las diferentes maquinarias a su cargo.

Reapriete:

La falta, daño y aflojamiento de elementos de apriete representativo de tornillos y tuercas propician la falla de los equipos.

El reapriete se refiere al apriete de tornillos y tuercas con las especificaciones establecidas para recuperar la condición ideal de torque, y así reducir vibraciones.

Se debe establecer marca de garantía de reapriete en tornillos principales y al mismo tiempo establecer una rutina de chequeo incluyendo limpieza y revisión para tener mejores resultados.

## 2) Método de Mantenimiento de Condiciones Básicas:

Paso 1: Limpieza inicial.

La limpieza en los equipos ayuda a detectar manual y visualmente los posibles daños y/o condiciones en los que se encuentra la maquinaria y/o equipo.

Cuando se tengan dudas con respecto a las condiciones encontradas solicitar ayuda al personal con mayor conocimiento de la situación.

Las instrucciones establecidas en cada área deben contener guías con el fin de aclarar las posibles dudas que surjan en su área de trabajo.

Paso 2: Contramedidas.

En la relación diaria que el operador tiene con su equipo, pueden surgir soluciones, contramedidas, kaizen y/o pokayokes que deben ser informadas a la persona con mayor jerarquía del área de trabajo a la brevedad para dar realizar un análisis posterior sobre la posibilidad de que se implemente esta mejora al equipo en un pequeño lapso de tiempo.

Es importante resaltar que dicha contramedida debe realizarse en conjunto con el operador del equipo y/o máquina para tener una mayor claridad en la mejora.

Paso 3: Elaboración de instructivos.

La gran mayoría de las veces por las que no se siguen las instrucciones establecidos en los instructivos es porque la redacción no es clara o lo suficientemente sencilla de comprender para el operador que está todos los días en contacto con el equipo.

Por eso es importante el lenguaje con el que se redacte este documento debe ser lo más sencillo y si es posible con participación de los operadores. También es importante considerar las ayudas visuales para facilitar su entendimiento

## **Conclusiones**

Con esta metodología se establecen los pasos de auto mantenimiento de forma sencilla y eficaz, asimismo se establecen las características que deberían de tener los operadores de dicha metodología.

El auto mantenimiento eleva confiabilidad, eficiencia y productividad a la industria, los resultados se evalúan en cantidad y calidad de producto.

La planeación y programación del auto mantenimiento tiene la finalidad de generar un grado de responsabilidad más grande con los operadores directos de la maquinaria y al mismo tiempo el personal se concientiza de la importancia de su trabajo en las líneas de producción.

Las empresas de clase mundial tienden a desaparecer de sus organigramas el departamento de mantenimiento y al mismo tiempo elevar el valor de sus obreros de producción con este tipo de pequeñas acciones en su organización.

## **Referencias**

GARRIDO, Santiago García, Organización y gestión integral de mantenimiento, España, Ed. Díaz de Santos, 2003

MONTECELOS TRASHORRAS, Jesús, Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios, España, Ed. Thomson Learning Ibero, 2006.

# DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE COMPRESIÓN PLANA

L. A. Medina Juárez, O. Román Rosales, V.Y. Atala Campos,  
G. Gómez Ortiz, N. A. Mariaca Cárdenas.

*Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico N° 27, C.P. 62780, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México. [luis.mj@itzacatepec.edu.mx](mailto:luis.mj@itzacatepec.edu.mx), [roscarcordina@yahoo.com.mx](mailto:roscarcordina@yahoo.com.mx), [yaz\\_atala@hotmail.com](mailto:yaz_atala@hotmail.com), [gugomez19@yahoo.com.mx](mailto:gugomez19@yahoo.com.mx), [n.mariaca@gmail.com](mailto:n.mariaca@gmail.com)*

*Área de participación: Manufactura esbelta y calidad (IIN)*

**Resumen:** Actualmente, en el laboratorio de materiales poliméricos a cargo del departamento de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, se encuentra instalada una máquina universal para realizar pruebas mecánicas estándares de materiales marca Instron, modelo 3345, series Flexure Fixture; dicho equipo cuenta únicamente con el herramental necesario para llevar a cabo pruebas de tensión, lo que hace necesario obtener o desarrollar los aditamentos con los cuales se realicen pruebas de compresión de manera complementaria. Debido a la escasez de recursos económicos se analizó la posibilidad de diseñar y fabricar dicho herramental en el taller de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec, ya que se cuenta con los elementos físicos necesarios para fabricarlo. El diseño se llevará a cabo de acuerdo a las necesidades que tiene el departamento de Posgrado e Investigación y a las dimensiones de las probetas proporcionadas para poder desarrollar, de manera posterior, cada una de las partes componentes del dispositivo. Dicho diseño se realizará tomando como referencia la norma ISO 604 para propiedades de compresión de plástico, así como la ASTM D695 para ensayos de compresión de plásticos rígidos. En el desarrollo del diseño se hará uso del paquete AUTOCAD de dibujo para cada una de las piezas componentes para la futura operación de manufactura.

## Introducción

Las propiedades mecánicas de los materiales sólidos usados en los diseños de ingeniería se determinan mediante pruebas destructivas, en muestras estandarizadas del material (probetas); es decir que las muestras se someten a la acción de un tipo de fuerza hasta que se fracturan y esto da lugar al término “propiedad mecánica”, que son las propiedades más importantes cuando se seleccionan los materiales en diseño, donde la función principal de las piezas es soportar fuerza (Gómez, 2013).

Hay pruebas estándares o ensayos de materiales de diversos tipos, en donde se le puede aplicar a la muestra una fuerza de tensión, compresión, torsión, flexión, etcétera. Los resultados de éstas ayudan a los diseñadores a determinar el uso apropiado de los materiales para ser utilizados en determinada aplicación. Cumpliendo criterios y especificaciones para evitar fallos mecánicos y dar soluciones eficaces a necesidades particulares [Gonzalez & Zeleny (2011), Genevro & Heineman (1994)].

El diseño, según lo definido por el Accreditation Board for Engineering and Technology es el proceso de idear un sistema, componente o proceso para satisfacer ciertas necesidades. En este caso, se tuvo la necesidad inherente de llevar a efecto pruebas de compresión para probetas de plástico rígido en la máquina Instron 3345 existente en la institución, y dada la imposibilidad económica

de la adquisición de dicho dispositivo, se comenzó a trabajar con un grupo de docentes de Ingeniería Industrial en el desarrollo del proyecto.

Como antecedente es necesario mencionar que, en su momento, el departamento de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec adquirió a través del desarrollo de un proyecto integral en la Maestría de Ciencias de la Ingeniería, un equipo de pruebas mecánicas Marca Instron 3345 Series Flexure Fixture consistente en un soporte fijo o mono columna fabricado en acero estructural que garantiza rigidez y estabilidad mecánica, desarrollado específicamente para realizar ensayos de compresión, flexión en 2 puntos (tracción) y flexión en 3 puntos, integrando la funcionalidad mecánica con tecnología digital y operación automática sistematizada. Dicho equipo no cuenta con un kit de aditamentos para hacer pruebas de compresión de materiales. Se decidió diseñarlo y fabricarlo en el taller de Ingeniería Industrial dada la diferencia económica implicada entre ambas alternativas.

### **Fundamento teórico**

En términos ingenieriles, el esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizado porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo y a un acortamiento de este en determinada dirección (Kane et al, 2007).

La resistencia a la compresión es una propiedad de los materiales que tiende a determinarse a partir de pruebas o ensayos técnicos, entre otras razones, para:

- 1) Determinar las características de nuevos materiales antes de que se puedan usar en forma confiable en los diseños.
- 2) Asegurar y controlar la calidad de las materias primas y los productos que se obtienen de ellos, para que cumplan con los requerimientos especificados por los clientes atendiendo a las diferentes normas y estándares.

En la mayoría de los casos, las pruebas de compresión se realizan con hormigones y metales, aunque pueden realizarse sobre cualquier material. Los procedimientos comunes para realizar las pruebas implican la preparación de probetas normalizadas que se someten a compresión en una máquina universal y es usual que durante este ensayo aparezcan dos características de distinta naturaleza (Blanguino, 2008), estas son:

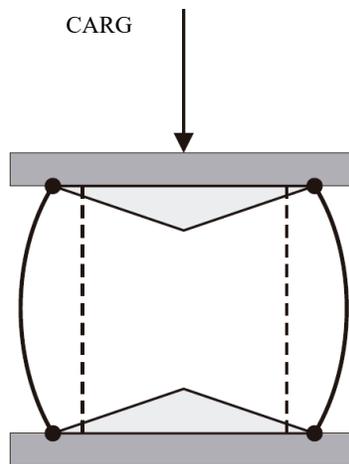
- **Pandeo**

Fenómeno que se produce cuando se aplican esfuerzos de compresión a un componente con elevada esbeltez, es decir, una elevada relación entre la dimensión longitudinal y la dimensión transversal. En estas condiciones, el componente o la probeta de ensayo presenta una baja rigidez geométrica, y puede producirse el fallo anticipado por flexión. Este fenómeno también puede producirse cuando la fuerza no se aplica estrictamente axial y tiene lugar tanto en materiales frágiles como en materiales maleables.

- **Abarrilamiento**

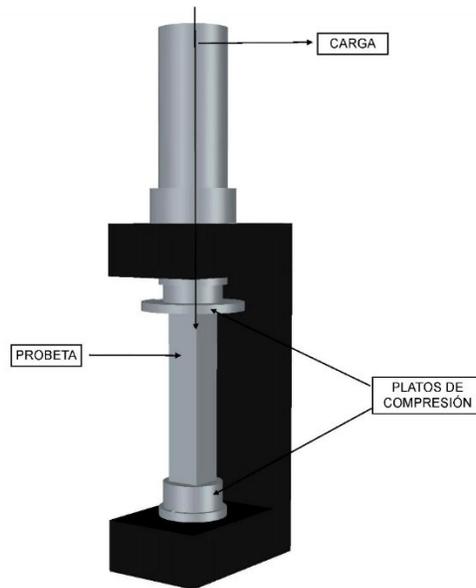
Fenómeno relacionado con la fricción que se produce en la zona de contacto entre las mandíbulas del equipo y el material ensayado, especialmente en materiales con cierta capacidad de deformación plástica. Esta fricción localizada en la zona de contacto puede conducir a una baja o casi nula deformación plástica en el material en dicha zona y una deformación mucho más elevada en zonas alejadas. Como consecuencia, las dimensiones transversales no son uniformes a lo largo de toda la probeta (Ver figura 1).

La posibilidad de que ocurra uno de estos fenómenos, o ambos a la vez, hace necesario tomar precauciones en el diseño de las probetas a utilizar en un ensayo de compresión y, en general, en todos los elementos estructurales implicados en la prueba, en ello radica la importancia de establecer pautas adecuadas en el diseño de la prensa para ensayos de compresión como aditamento a la máquina Instron 2810.



**Figura 1. Abarrilado evidenciando la existencia de tensiones perpendiculares a la dirección de compresión**

Para llevar a cabo las pruebas de compresión (efectuadas bajo la norma ASTM D695: Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics), es necesario contar con dos placas (o platos de compresión; remítase a la figura 2) diseñadas para centrarse en el eje de carga del bastidor de una máquina de prueba universal hidráulica o electromecánica (como es el caso del equipo del departamento de materiales poliméricos). Las placas pueden diseñarse de forma específica para el trabajo con un equipo en particular o en conjunto con adaptadores para hacerlos compatibles con una amplia gama de plataformas de prueba.



*Figura 2. Prensa para ensayo a compresión para determinar el límite de resistencia.*

- **Selección de materiales**

Actualmente está disponible una gran variedad de materiales para la construcción de dispositivos y herramienta en manufactura cada uno con sus propias características, aplicaciones, ventajas y limitaciones. Una clasificación de los tipos de materiales usados actualmente, ya sea individualmente o combinados, se ofrece a continuación.

**a) Materiales ferrosos:** al carbón, aleados, inoxidables, aceros para herramientas. Se basan en el hierro. El grupo incluye acero y hierro colado. Dichos metales constituyen el grupo comercial más importante, más de las tres cuartas partes del peso total de los metales de todo el mundo. El hierro puro tiene un uso comercial limitado, pero cuando se mezcla con carbono tiene más usos y mayor valor comercial que cualquier otro metal. Las aleaciones de hierro y carbono forman acero y hierro colado.

**b) Aleaciones y materiales no ferrosos:** aluminio, magnesio, cobre, níquel, titanio, materiales refractarios. Los metales no ferrosos incluyen elementos y aleaciones metálicas que no se basan en el hierro. Aunque los metales no ferrosos como grupo no igualan la resistencia de los aceros, ciertas aleaciones no ferrosas tienen resistencia a la corrosión o relaciones resistencia/peso que las hacen competitivas ante los aceros para aplicaciones con esfuerzos moderados a altos. Además, muchos de los metales no ferrosos tienen propiedades adicionales a las mecánicas que los hacen ideales para aplicaciones en las que el acero sería inadecuado.

**c) Cerámicos:** vidrios, grafito, diamante. Se define como un compuesto que contiene elementos metálicos o (semimetálicos) y no metálicos. Los elementos no metálicos comunes son oxígeno, nitrógeno y carbono. Los cerámicos incluyen una variedad de materiales tradicionales, como arcilla, sílice, alúmina y carburo de silicón.

**d) Materiales compuestos:** plásticos reforzados, compuestos con matriz metálica o cerámica.

La selección de los materiales para los elementos del dispositivo no está limitada por los esfuerzos a los que serán sujetos, tomando en cuenta otros factores que intervienen en la fabricación, estos son: la disponibilidad en el mercado, rigidez, resistencia a la corrosión, maquinabilidad, geometrías disponibles y costo (Bernau, 1958).

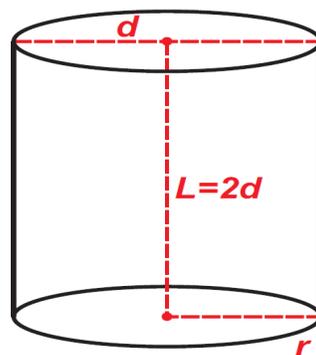
En el caso particular, se optó por utilizar un acero endurecido bajo un porcentaje medio de carbono utilizado en la manufactura de una amplia variedad de piezas sometidas a cargas dinámicas.

### Resultados y discusión

El diseño del dispositivo se realizó por medio del software AutoCad para diseños 3D Ver.2018 para modelado mecánico.

La idea original del dispositivo se encuentra referida a las unidades originalmente comercializados por Instron, empresa estadounidense líder en la manufactura de equipos de prueba (Directindustry, 2018). Para la futura elaboración de sus partes se consideró la utilización de máquinas herramientas convencionales como el torno, el taladro vertical y la fresadora, equipos de soldar oxiacetilénicos, electro esmeriladora y otros, los cuales pueden encontrarse en el taller de ingeniería industrial del Instituto.

En el ámbito de las probetas de prueba, el diseño considera los estándares de dimensiones y forma señalados por el ASTM, para los elementos bajo estudio, entre ellas: las hojas o láminas, las barras, las estructuras tubulares, los cilindros y los prismas. El punto 6, especímenes de prueba, en el apartado 6.2 de ASTM D695 – 15, determina que las medidas estándar de las probetas cilíndricas deben ser a razón de una longitud ( $l$ ) correspondiente a dos veces su diámetro ( $d$ ). Refiérase a la figura 3. Las medidas más usuales son 12.7 por 25.4 mm.



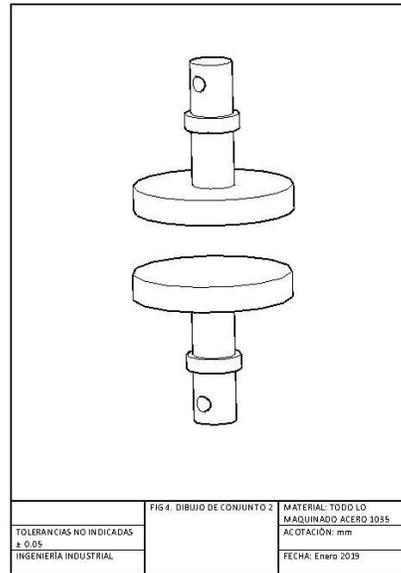
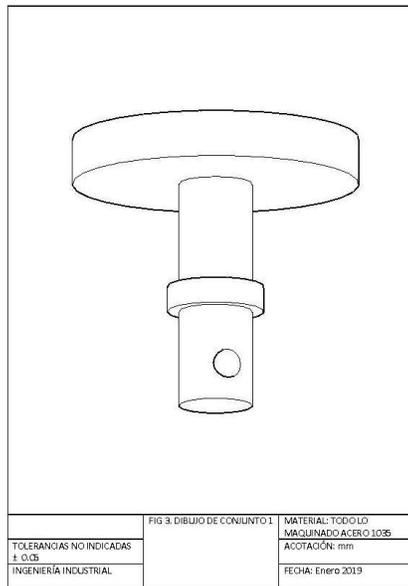
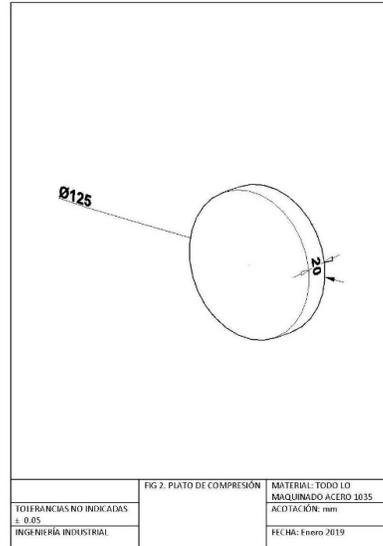
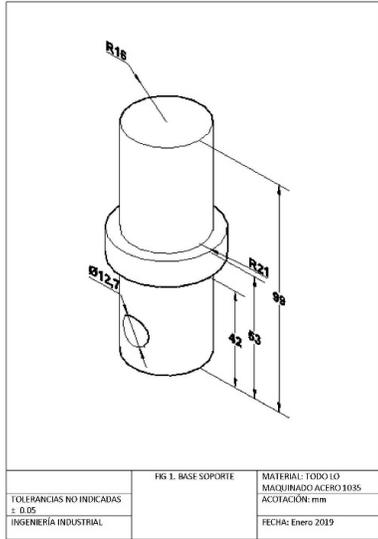
**Figura 3. Dimensiones sugeridas de las probetas de prueba**

El espécimen de prueba, se someterá a 5 kN de fuerza de compresión entre los dos dispositivos referidos determinando el límite de resistencia a partir del análisis con el software Bluehill Universal suministrado en conjunto con el equipo mono columna Instron 3345. En la tabla 1, se muestran las partes que componen el diseño del aditamento:

**Tabla 2. Elementos del dispositivo de compresión**

No. Parte	Nombre	Cantidad	Material	Observaciones
1	Base soporte	2	Acero 1035	Maquinado
2	Plato de soporte	2	Acero 1035	Maquinado

En las figuras siguientes se muestran las especificaciones de las piezas que conforman el dispositivo para pruebas de compresión las cuales corresponden al número de parte mostrado en la Tabla 1.



**Figura 4. Diseños en AutoCad 3D del dispositivo de compresión.**

## Conclusiones

El proyecto de diseño de dispositivo para pruebas de compresión fue aprobado por el departamento de Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec ya que cumplió con las especificaciones y requisitos solicitados para su funcionamiento.

## Agradecimientos

Por la complejidad que involucra el desarrollo de un nuevo dispositivo y por la ayuda proporcionada para la realización de este proyecto se agradece al Dr. René Salgado Delgado y al Dr. Alfredo Olarte Paredes su apoyo.

## Referencias.

1. Bernau R.L. (1958). Elementos de la metalografía y de acero al carbono. Chile: Andrés Bello Editorial.
2. Blangino, E. 2018. Campus Fiubaar. [Online]. [28 September 2018]. Disponible de: [http://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/114507/mod\\_resource/content/1/apunte\\_ensayodecompresión.pdf](http://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/114507/mod_resource/content/1/apunte_ensayodecompresión.pdf)[http://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/114507/mod\\_resource/content/1/apunte\\_ensayo de compresión.pdf](http://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/114507/mod_resource/content/1/apunte_ensayo_de_compresión.pdf)
3. Directindustry. 2018. Directindustry. [Online]. [18 October 2017]. Recuperado de: <http://www.directindustry.es/prod/Instron/product-18463-799105.html>
4. Genevro G. & Heineman S. (1994). Manual de máquinas y Herramientas. 2ª ed. México. Ed. Prentice Hall.
5. Gómez, C. (2013, 08 Junio). La importancia de las pruebas mecánicas estándares de materiales. [Weblog]. Consultado el 8 April 2018, de: <http://blog.udlap.mx/blog/2013/07/estandaresdemateriales/>
6. González C. & Zeleny R. (2011) Metrología. 2ª ed. México. Ed. Mc Graw Hill Interamericana.
7. Kane, J.W & Sternheim, M.M. (2007). Física. 2ª ed. Barcelona, España: Ed. Reverté SA.

## APLICACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS O PREDICCIONES EN LA “DESTILADORA MARCHAN S.A DE C.V”

**F. J. Mota-Pérez<sup>1</sup>, F. Hernández-Marchan<sup>2</sup>, S. Castrejón-Pérez<sup>3</sup>, F. Juárez-Herrera<sup>3</sup>, V. A. Monreal-Domínguez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguuala, <sup>2</sup>Alumna de Ingeniería en Gestión Empresarial Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguuala, <sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguuala. [fcojavier.mota@itiguala.edu.mx](mailto:fcojavier.mota@itiguala.edu.mx), [fabimarchan15@gmail.com](mailto:fabimarchan15@gmail.com), [sofia.castrejon@itiguala.edu.mx](mailto:sofia.castrejon@itiguala.edu.mx), [francisco.juarez@itiguala.edu.mx](mailto:francisco.juarez@itiguala.edu.mx), [v\\_am\\_d@hotmail.com](mailto:v_am_d@hotmail.com)

**Área de participación:** *Manufactura esbelta y calidad*

**Resumen:** La destiladora Marchan desea conocer que cantidad de litros de mezcal deberá producir en los próximos meses. Para lo cual solicitó que le pronosticaran la producción futura de mezcal, recurriendo a utilizar los métodos cuantitativos, porque se dispone de información pasada sobre la variable que se pronosticará, la información puede cuantificarse, es razonable suponer que el patrón del pasado seguirá ocurriendo en el futuro, lo cual se recurrió a analizar 12 meses de la producción, para realizar los cálculos. Se obtuvo como resultado que la empresa, aumentará la producción de mezcal en los próximos meses, debido a la demanda del mezcal, siendo el modelo de pronóstico más adecuado a los datos el de mínimos cuadrados.

### Introducción

La destiladora Marchan ha notado que la producción de mezcal ha incrementado al paso de los años y tienen como meta expandir su mercado, por lo que solicitaron que se le realice una predicción de la producción futura de mezcal, para saber si la empresa es apta para una expansión. Debido a esto se analizaron los últimos 12 meses de la producción de mezcal.

### Fundamento Teórico

Para el presente trabajo, es importante familiarizarse con los siguientes conceptos:

Los pronósticos o predicciones: son estimaciones del valor futuro de una variable. Análisis de series de tiempo: método estadístico que depende en alto grado de datos históricos de la demanda, con los que se proyectan la demanda futura y reconoce las tendencias y patrones estacionales. Métodos causales: utilizan datos históricos de variables independientes como campañas de promoción, condiciones económicas y actividades de los competidores. Regresión lineal simple: La regresión se define como la relación funcional de dos o más variables correlacionadas (demanda vs tiempo), se refiere a un tipo especial de regresión donde las relaciones entre las variables forman una línea recta.

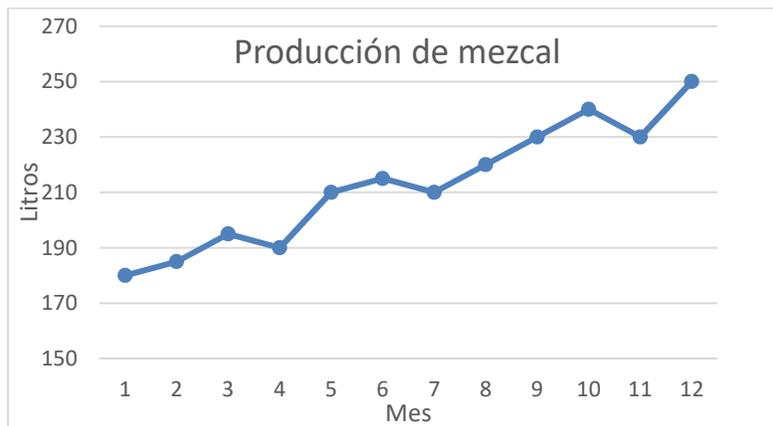
### Resultados y Discusión

Para la producción de mezcal, se han considerado los datos de los últimos 12 meses para analizar el comportamiento que presentan y posteriormente se realiza una estimación, representada por cada par de datos X-Y en el plano cartesiano.

**Tabla 1.-** Producción de mezcal de los últimos 12 meses.

Meses	Producción litros (At)
1	180
2	185
3	195
4	190
5	210
6	215
7	210
8	220
9	230
10	240
11	230
12	250

En el siguiente gráfico se puede visualizar que la producción del mezcal tiene un comportamiento con tendencia ascendente. A simple vista, podría responder a un modelo lineal.

**Gráfico 1.-** Representación de la producción de mezcal.

Para tener mayor certeza, de contar con un modelo que responda al movimiento de la serie, el pronóstico para el mes 13, se mostrarán tres modelos de predicción sobre la producción de mezcal. Estos modelos elegidos, son los que podrían responder de manera mas adecuada a dicho movimiento de los datos.

**Tabla 2.-** Pronóstico de mezcal por el método empírico.

Meses	Producción litros (At)	Pronóstico (Ft)
1	180	
2	185	
3	195	
4	190	

5	210	
6	215	
7	210	
8	220	
9	230	
10	240	
11	230	
12	250	
13		250

Con este método, se espera que el mes 13 la producción de mezcal sea de 250 litros.

**Tabla 3.-** Pronóstico de mezcal por el método de promedio móvil.

Meses	Producción litros (At)	Pronóstico (Ft)	Abs(A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub> )
1	180		
2	185		
3	195		
4	190	186.67	3.33
5	210	190.00	20.00
6	215	198.33	16.67
7	210	205.00	5.00
8	220	211.67	8.33
9	230	215.00	15.00
10	240	220.00	20.00
11	230	230.00	0.00
12	250	233.33	16.67
13		240.00	
		<b>MAD =</b>	<b>11.67</b>

La proyección con el promedio móvil, la producción de mezcal para el mes 13 será de 240 litros.

**Tabla 4.-** Pronóstico de mezcal por el método de suavizamiento exponencial con  $\alpha = 0.1$ .

Meses	Producción litros (At)	Pronóstico (Ft)	Abs(A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub> )
1	180	180.00	0.00
2	185	180.00	5.00
3	195	185.50	9.50
4	190	195.95	5.95
5	210	189.41	20.60
6	215	212.06	2.94
7	210	215.29	5.29

8	220	209.47	10.53
9	230	221.05	8.95
10	240	230.89	9.11
11	230	240.91	10.91
12	250	228.91	21.09
13		252.11	
		<b>MAD =</b>	<b>9.16</b>

**Tabla 5.-** Pronóstico de mezcal por el método de suavizamiento exponencial con  $\alpha = 0.9$ .

Meses	Producción litros (At)	Pronóstico (Ft)	Abs(A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub> )
1	180	180.00	0.00
2	185	180.00	5.00
3	195	189.50	5.50
4	190	199.95	9.95
5	210	181.05	28.96
6	215	236.06	21.06
7	210	196.05	13.95
8	220	222.56	2.56
9	230	217.70	12.30
10	240	241.07	1.07
11	230	239.04	9.04
12	250	221.87	28.13
13		275.32	
		<b>MAD =</b>	<b>11.46</b>

Con el suavizamiento exponencial la producción de mezcal para el mes 13 será de 252.11 litros de mezcal tomando como valor de  $\alpha=0.1$ , el análisis se realizó en los rangos de alfa desde 0.1 hasta 0.9, siendo los valores extremos el de 0.1 y 0.9.

**Tabla 6.-** Pronóstico de mezcal por el método de mínimos cuadrados.

Meses	Producción litros (At)	Pronóstico (Ft)	Abs(A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub> )
1	180	179.94	0.06
2	185	185.93	0.93
3	195	191.93	3.07
4	190	197.93	7.93
5	210	203.92	6.08
6	215	209.92	5.08
7	210	215.92	5.92
8	220	221.91	1.91
9	230	227.91	2.09
10	240	233.91	6.10
11	230	239.90	9.90

12	250	245.90	4.10
13		251.89	
		<b>MAD =</b>	<b>4.43</b>

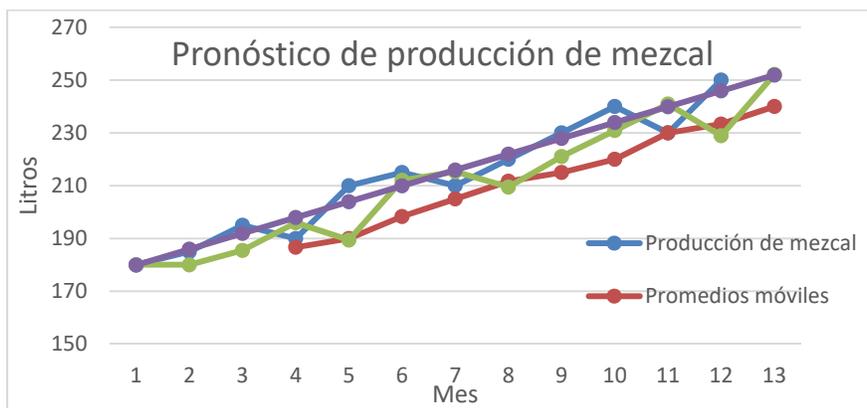
La proyección con el método de mínimos cuadrados, la producción de mezcal para el mes 13 será de 251.89 litros.

Tomando como referencia las tablas 3 al 6, se identifica que el valor de Desviación Absoluta Media (MAD) más bajo es de 4.43, siendo el modelo de pronóstico de mínimos cuadrados el mas adecuado para los datos de la producción de mezcal. Con el MAD, permite descartar a otros modelos de pronósticos, que no son adecuados, debido a que los datos se alejan de la serie del pronóstico. Este método de error de pronóstico, entre otros (TS y MAPE) permite asegurar que el modelo elegido, responderá al comportamiento de la producción del mezcal, en cuando menos con los datos históricos analizados.

**Conclusiones**

Analizando la gráfica 2 es posible concluir que el mejor modelo de pronóstico es el de mínimos cuadrados, por lo cual la recta que más se ajusta a estos datos es  $Y= 173.94 + 5.9965X$ .

Podemos asegurar con una confianza del 99% que la producción registrada se encuentra en 162.80 y 185.04 y a su vez podemos asegurar con un nivel de significancia del 0.01 que existe una relación en el número de meses y la producción en litros. La recomendación a la empresa mezcalera, es producir 251.89 litros de mezcal para el mes trece. Y este modelo, puede proyectar los meses futuros, sin embargo, es recomendable ir ajustando y evaluando los modelos presentados para tener el mejor modelo que responda a la demanda de mezcal.



**Gráfico 2.-** Proyecciones al mes 13, con diversos modelos de pronósticos.

Por lo tanto, la empresa mes con mes incrementa la producción de mezcal debido a la demanda.

## **Agradecimientos**

Agradecemos el apoyo de la empresa productora de mezcal por su valiosa colaboración para la realización de este trabajo, asimismo, a los docentes del Instituto Tecnológico de Iguala los cuales día con día imparten sus conocimientos para la formación integral de los estudiantes, así como por su dedicación, paciencia y compromiso que demuestran al ejercer esta noble profesión.

## **Referencias**

1. Gutiérrez, F. (2013). Manual de pronósticos para la toma de decisiones. En F. Gutiérrez, Manual de pronósticos para la toma de decisiones (pág. 159). Chiapas: Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.

# IMPLEMENTACIÓN Y OBSTÁCULOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE UNA FRANQUICIA CAFETERA

**C. I. Vázquez-Castrejón<sup>1</sup>, E. A. Gonzalez-Naranjo<sup>1</sup>, F. Juarez-Herrera<sup>1</sup>, S. Castrejón-Perez<sup>1</sup> y V. A. Monreal-Domínguez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> [Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iquala, Carretera Nacional Iquala-Taxco esq. Periférico Norte Colonia Adolfo López Mateos, Infonavit, C.P. 40030, Iquala, Gro. - cynthivazc@gmail.com, erickali\\_2000@hotmail.com, francisco.juarez@itiquala.edu.mx, sofia.castrejon@itiquala.edu.mx, valejandro.monreal@itiquala.edu.mx](http://Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iquala, Carretera Nacional Iquala-Taxco esq. Periférico Norte Colonia Adolfo López Mateos, Infonavit, C.P. 40030, Iquala, Gro. - cynthivazc@gmail.com, erickali_2000@hotmail.com, francisco.juarez@itiquala.edu.mx, sofia.castrejon@itiquala.edu.mx, valejandro.monreal@itiquala.edu.mx)

*Área de participación: Manufactura esbelta y calidad*

**Resumen:** El siguiente artículo tiene como objetivo mostrar los problemas que se presentaron en la implementación del mantenimiento preventivo en una franquicia cafetera. Partiendo de un estudio de la franquicia, el estado de las máquinas y de las diferentes áreas que cuenta, así como presentar presupuestos para mostrar los costos que se generan para arreglar imperfecciones y la implementación correcta del mantenimiento preventivo, que permita evitar pérdidas a la franquicia. Teniendo como resultado de la investigación, que la falta de conocimiento por parte del personal en general hacia un Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Productivo Total, y lo más importante como la toma de decisiones de manera oportuna por parte de la alta gerencia de la franquicia, impide que la implementación de una nueva metodología de mantenimiento se lleve a cabo, y la afectación a la calidad en el servicio que se ofrece. En conclusión, se muestra al lector un artículo que muestra que no es fácil cambiar la mentalidad de los gerentes de las empresas, aunque este represente un beneficio a sus negocios, y mejore la calidad en el servicio que brinda.

## Introducción

Esta investigación surgió, cuando se observó los diferentes problemas que causaban las máquinas que no funcionaran correctamente, afectando la calidad en el servicio que se ofrece y afectando los ingresos para la franquicia; al ver la inconformidad que tienen los colaboradores al no poder trabajar de manera fluida y que los clientes se quejaban con ellos, sin poder solucionar nada por su propia cuenta.

En esta franquicia se ha venido aplicando el mantenimiento correctivo, a pesar de que se cuenta con un *check list de tareas periódicas*, que es otorgado por la franquicia maestra, estas actividades descritas, no son realizadas en el tiempo estipulado.

Las tareas marcadas se dividen en periodos:

Diario: Alimentos y recipientes cerrados, Presencia de plagas, Mobiliario y accesorios y Calibración de molinos.

Semanal: Lavado de tolvas de los molinos, Lavado del torbellino de la montapana, Realizar regeneración del ablandador, Limpieza de filtros.

Mensual: Revisar correcto funcionamiento del aire acondicionado, Solicitar fumigación, Solicitar revisión de extintores.

Semestral: Solicitar lavado de cisterna.

Anual: Solicitar depuración de base de datos, asistir a curso de capacitación para franquiciatarios y managers, asistir a curso de capacitación técnica de mantenimiento de maquinaria.

Cada dos años: solicitar descalcificación de máquina de café.

No es fácil que el personal operativo, y la alta gerencia adopten el concepto del mantenimiento preventivo y productivo total, tampoco es fácil su implementación, pues surgen diferentes problemas que impiden su realización tales como la falta de interés al tema, falta de concientización al personal, no tener una solución inmediata a los problemas por parte de la gerencia, entre otros.

Se habló con el gerente general sobre los beneficios de su implementación, al igual que con la mayoría de los colaboradores y con el encargado de mantenimiento de los establecimientos. Debido a que el dueño no se encuentra todo el tiempo en la ciudad no se pudo tener una charla con el directamente, en su caso, el gerente general era en que se comunicaría con el dueño para hacerle saber lo que se pretendía realizar, esperando su permiso para poder realizar las actividades.

Nadie puede hacer nada sin que el dueño de la empresa lo autorice, el gerente sabe que la implementación del mantenimiento mejoraría el estado de las máquinas, los colaboradores les gustaría que todo estuviera en buen estado, y el encargado de mantenimiento también tiene ese conocimiento, pero ninguno puede hacer algo hasta esperar una respuesta. Pero la respuesta nunca llegó, este es el obstáculo más relevante porque no se pudo realizar alguna mejora al establecimiento por causa de la falta de decisión de la alta gerencia.

En esta investigación, se indagó sobre historial de registros de mantenimiento, y no se encontró evidencia de bitácoras o registro alguno, por lo que se procedió con el registro de cada mantenimiento partiendo de datos actuales, para la elaboración de presupuestos que muestran los gastos que se necesitan para mejorar estado de las máquinas.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Muchas empresas tienen arraigado el concepto de mantenimiento correctivo, y que es difícil introducirlas al nuevo concepto, es por eso que es común que se utilice este tipo de mantenimiento.

“Fricciones frecuentes en las empresas entre el personal de producción y el de mantenimiento; pues mientras el primero trabaja para la elaboración del producto, el segundo lo hace por el *bienestar* de las máquinas; es decir, mientras uno piensa en el servicio o producto que elabora, el otro, en la preservación de las máquinas; pero posiblemente ninguno de los dos piensa en el cliente interno que es el operario de la máquina y el externo que se refiere a quien reciba el producto final.” (Dounce Villanueva, 2014)

Al no estar consciente el personal de mantenimiento de lo que deben ser las labores de mantenimiento contingente, sus acciones traspasan con frecuencia los linderos

de la conservación programada, por lo que se elevan los costos, no sólo por trabajos inapropiados de conservación, sino también por tiempo perdido, desperdicios y repeticiones. (Gaytan Reyes, 2000).

"El problema no radica tan sólo en las operaciones de reparación propiamente dichas, sino en las actividades de planeación y administración, tanto a nivel empresa como a nivel nacional. El término mantenimiento no debe abarcar solamente las tareas efectuadas al pie de la maquinaria, cuando éstas sufren averías. Precisamente, este criterio limitado es una de las principales razones de que los resultados de las actividades de mantenimiento en los países en desarrollo no sean satisfactorios. Por ello se debe poner especial empeño en mejorar las actividades de administración del mantenimiento y en fomentar un espíritu consciente de la necesidad de éste en todos los niveles" La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) 1970.

### **1.1 Organización de la cafetería**

En la empresa se tienen niveles de trabajadores, que son Manager, Cajero, y colaborador, este es el personal que labora en la franquicia; se manejan dos turnos matutino y vespertino y ambos tienen responsabilidades diferentes, siendo la tarea similar y más importante, brindar el servicio al cliente.

Responsabilidades del Manager: Inventario de loza, bodega, llevar el control de ventas, capacitar a colaboradores nuevos.

Responsabilidades del Cajero: El cajero tiene la responsabilidad de que en ambos turnos todo marche correctamente, revisar que las máquinas estén correctamente instaladas para que comiencen a trabajar, atender y cobrar a los clientes en la barra, al término del turno se encarga de limpiar el área de fríos (mitad de la barra).

Responsabilidades del Colaborador: En este caso, hay diferentes áreas donde el colaborador puede trabajar, tal como barista, cocinero y mesero, la mayoría de los colaboradores están capacitados para laborar de forma aleatoria.

- Barista: Se encarga de principalmente de los cafés calientes, y cuando el cajero no puede ocuparse de su área de fríos, el barista se encarga de sacar el producto a tiempo.
- Cocina: lavar los baños, mantener cocina limpia, preparar bocadillos salados, lavar trastes, sacar basura.
- Mesero: Atender a los clientes, llevar el producto a las mesas, barre y trapea el área correspondiente, mantiene mesas limpias y ordenadas.

### **1.2 Estado de la franquicia**

En la empresa se aplica mantenimiento correctivo mayormente, solamente cuando se reportan problemas el encargado va a hacer reparaciones.

Actualmente el encargado de mantenimiento es el prestador de servicio que se contrataba, por lo que ahora no hay una documentación, simplemente una bitácora informal donde se registran las actividades; cada término de semana la bitácora se

entrega al gerente para su resguardo y el día lunes la vuelve a pedir para comenzar a trabajar.

Anteriormente la empresa no contaba con un encargado de mantenimiento, se contrataban servicios externos, en los cuales se entrega una garantía para avalar el correcto mantenimiento. Dichas garantías eran entregadas al gerente general, sin embargo, esta documentación no estaba localizable e identificable por un descuido o falta de interés en el tema, por lo que las garantías no fueron localizadas fácilmente y no pudieron ser evaluadas.

Se han aplicado capacitaciones por parte de la franquicia, dirigidas a los gerentes, managers y colaboradores, como también una capacitación en cuanto al manejo de las máquinas.

En mantenimientos simples y básicas pueden los supervisores realizar esta actividad, y en mantenimientos mayores, el único capacitado para arreglar las máquinas sería el gerente general. Por ejemplo, en mantenimiento básico, después de haber sido capacitado en los cursos de mantenimiento, los supervisores (o colaboradores que hayan asistido al curso) pueden realizar la descalcificación de la máquina de café y limpieza de filtros de la máquina granita y montapana, para cuestiones eléctricas y de plomería se encuentra el encargado de mantenimiento, para el sistema y base de datos el encargado es Infosys, y para trabajos de reparación de las máquinas, en dado caso que no estén funcionando correctamente, el único capacitado es el franquiciatario.

### 1.3 Registro de daños observados actualmente en las áreas y presupuesto de las reparaciones.

Lo primero que se realizó fue un estudio de la situación de las máquinas en las diferentes áreas que se tienen en la franquicia, esto para ver qué tan importante es tener un mantenimiento preventivo y tener las máquinas en un buen estado para su utilización.

**Tabla 1.-** Diagnóstico de áreas donde se necesita mantenimiento correctivo.

Elemento	Observación	Área
Impresora	Se calienta cuando es utilizada constantemente, no recorta bien tickets y no permite el acceso a la caja.	Barra
Granitas	Mensaje en la pantalla que se necesita mantenimiento de los filtros.	Barra
Cafetera	Limpieza de filtros, regeneración del ablandador	Barra
Horno	Se descompuso el piloto.	Cocina
Contactos	No funciona una en el área de barra.	Barra
Tuberías	Necesita limpieza. Se tapan constantemente.	Cocina
Ventilador	No funciona 1 de 2. Cambio de apagador.	Mesas 1
Baño Mujeres	Fuga de agua, necesita sapo nuevo sanitario despegado.	Baños
Baño hombres	Fuga de agua, necesita sapo nuevo.	Baños

Llave de grifo	Fuga de agua, necesita empaques nuevos.	Cocina
----------------	---	--------

**Tabla 2.-** Presupuesto de reparación de maquinaria y/o equipo.

Elemento	Observación	Presupuesto
Impresor a térmica	Se calienta cuando es utilizada constantemente. No recorta bien tickets y no permite el acceso a la caja.	\$200- \$500 Dependiendo del problema que tenga la impresora.
Granitas	Mensaje en la pantalla que se necesita mantenimiento de los filtros	Capacitación de personal \$2000
Cafetera	Limpieza de filtros, regeneración del ablandador	\$10, sal de grano + *Capacitación del personal
Total:		\$2110 - \$2510

El costo del mantenimiento para la cafetera y la granita es de \$10, (precio de sal de grano que se utiliza para la limpieza) debido a que personal capacitado para su mantenimiento puede realizarlo. En el apartado *1.2 estado de la franquicia*, se mencionó que existen capacitaciones\* por parte de la franquicia maestra que son de mantenimiento las máquinas, en donde se capacita al personal de las franquicias para que se le pueda aplicar mantenimiento a los filtros, regeneración de ablandador y las diferentes actividades relacionadas a esta máquina y a las demás, tal como la granita, monta pana, y máquina de fríos.

**Tabla 3.-** Presupuesto de materiales para reparación de daños

Elemento	Observación	Área	Presupuesto
Horno	Se descompuso el piloto	Cocina	Piloto y base \$100
Contactos	No funciona una en el área de barra	Barra	Contacto trifásico \$50
Tuberías	Necesita limpieza.	Cocina	Empaque \$15
Ventilador	No funciona 1 de 2. Cambio de apagador.	Mesas 1	Apagador \$20
Baño Mujeres	Fuga de agua, necesita sapo nuevo sanitario despegado.	Baños	Sapo \$20 sellador \$20 cemento \$15
Baño hombres	Fuga de agua, necesita sapo nuevo.	Baños	Sapo \$20
Llave de grifo	Fuga de agua, necesita empaques nuevos.	Cocina	Empaque del maneral \$10
Total:			\$270

En este ejemplo, se tomará como referencia la cantidad de \$2,000, contemplando comida, transporte y hospedaje de 5 días de capacitación en la ciudad de Puebla.

## Resultados y Discusión

Como puede observarse, en el apartado *1.1 organización de la cafetería*, ningún personal está capacitado para dar mantenimiento preventivo y/o productivo total a la franquicia, a excepción de la limpieza general que se realiza dos veces al día al término de cada turno.

La franquicia está situada dentro de una pequeña plaza comercial, que al mismo tiempo es un hotel de una cadena hoteles reconocidos. El responsable del mantenimiento es el mismo para ambos negocios, pero no le dedica el mismo empeño a la cafetería que al hotel. Por esta razón solamente se está aplicando mantenimiento correctivo a la franquicia.

Existe un encargado especial para dar mantenimiento al jardín, que es la única área en la cual se aplica un mantenimiento programado.

¿Qué pasa cuando hay ruidos ajenos en las máquinas? No pasa nada, el operador de la máquina en turno reporta al manager, el manager le reporta al gerente general, pero normalmente la respuesta “es normal, si no se le quita ya lo checamos”.

Cuando hay algo que se tiene que reparar, se le hace la petición al manager para que el responsable de mantenimiento empiece con su reparación, pero este, le tiene que dar a conocer al gerente general, que por lo general no se encuentra en la ciudad de Iguala, y la respuesta no es inmediata ni oportuna, en algunos casos el problema perdura por varios meses sin ser reparado, hasta que el gerente se decide repararlo.

La toma de decisiones es muy importante, y aquí tenemos un claro ejemplo. La falta de interés por parte del gerente general a la conservación de la franquicia afecta directamente al personal que trabaja en la ella.

Se realizaron presupuestos para hacer la reparación de los daños registrados en la tabla 1. En la Tabla 2 y 3 se muestran el presupuesto de reparación de máquinas que el personal autorizado no puede reparar, debido a que son máquinas especiales donde los colaboradores no están capacitados para este tipo de actividad.

Se puede observar en el apartado 1.3 Registro de daños observados actualmente en las áreas y presupuesto de las reparaciones, que no es necesaria una gran inversión para mejorar algunas áreas en las que se registraron daños. Debido a que se cuenta con un personal que puede realizar este trabajo, el gerente general puede tomar la decisión de realizar este mantenimiento correctivo y empezar la implementación para su mantenimiento preventivo en su franquicia.

Como ya se mostró en párrafos anteriores, los gastos y los costos no son iguales, los costos pueden volver a recuperarse, a diferencia de los gastos que ya no se pueden recuperar, y son una pérdida para la empresa. En la tabla 2, se puede observar que, capacitando al personal, con las capacitaciones que ofrece la franquicia maestra se puede mejorar la productividad de la misma, en este caso, se generaría un gasto, por enviar al personal a capacitación, pero que así mismo, sería una inversión buena porque se tendría maquinaria brindando el servicio para el cual está hecho, mejorando la calidad que se ofrece.

Al analizar la situación nos percatamos que no es posible llegar a un MPT (Mantenimiento Productivo Total), sin antes sentar las bases esenciales de un mantenimiento preventivo. El dueño de la empresa tiene a su disposición maquinaria para que en dado caso de que llegase a fallar una máquina sea reemplazada, también es importante externar que además de esta franquicia, el dueño cuenta con otras tres, por lo que en dado caso, no tenga a su alcance una maquinaria en el área de mantenimiento, va a una franquicia (la franquicia en la cual se está realizando esta investigación), va y la reemplaza por una de las que se le ha aplicado mantenimiento, afectando de esta manera la productividad de esta a la que está haciendo el cambio, porque en muchas ocasiones no está reparada totalmente.

Este tipo de franquicia se ha caracterizado por su buen café y por un ambiente agradable, debido a que no hay muchos lugares en la zona para salir a dar un paseo, es un lugar donde puede ir para toda ocasión, por lo que no hay días específicos para saber si habrá una buena venta o no.

Desafortunadamente, el dueño de la empresa toma decisiones sin considerar que está afectando el buen servicio de la franquicia. Por ejemplo, si tiene tiempo, arregla la máquina, si no, se queda ahí, y los colaboradores tienen que ingeniárselas para sacar el servicio adelante, se registran pérdidas, porque cuando por ejemplo no hay crema batida, se da el producto frappe grande a precio de chico, asimismo se dan cortesías (panquesitos, galletas, rebanadas de pastel) por algún inconveniente con las máquinas (cuando tarda el producto en ser entregado). Los colaboradores se muestran molestos, debido a que el primer afectado es el operador de la máquina, y el segundo (cliente afectado), es la persona que solicita el producto.

Se tiene también el caso de la impresora de los tickets, que al mismo tiempo da acceso a la caja registradora, esta, al calentarse no trabaja de manera correcta, no corta bien los tickets y eso no permite que la caja sea abierta, no imprime tickets y como es una franquicia, el cajero tiene la obligación de entregar comprobantes a los clientes, existen casos donde no reacciona la máquina, y es una demora tanto para el cliente que algunas veces tienen urgencia de retirarse, afectando de esta manera el servicio que se brinda a los clientes. Todo esto podría ser evitado con una buena implementación del mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Lo que más afecta no contar con un programa de mantenimiento preventivo en la franquicia, es la calidad en el servicio que se ofrece.

## **Conclusiones**

Se puede mejorar el servicio que se da al cliente final, haciendo su estancia más agradable, atendiéndolo más rápido y con una mejor actitud, debido a que reduciendo/mejorando todas las imperfecciones que surgen de las máquinas/áreas, aplicando un mantenimiento preventivo para que estas sigan cumpliendo con el servicio que tienen que brindar, tanto al primer cliente como al segundo, sin afectar las actividades que se tienen que realizar de manera ordinaria, permitiendo así cumplir a los trabajadores con sus actividades, siendo más productivos y ofreciendo un mejor servicio.

Así mismo, no se necesitará una gran inversión para corregir lo que se detectó que se le tiene que aplicar mantenimiento correctivo, cosa que con la implementación del plan de mantenimiento correctivo se eliminarían estos gastos, o se harían en un lapso de tiempo mayor.

Este artículo muestra los problemas que generan el no tener un mantenimiento preventivo en la franquicia. El pasar de un mantenimiento correctivo a un mantenimiento preventivo ya sea una empresa grande o una empresa pequeña, aumenta la productividad y mejora el servicio. Se planea con esta investigación realizada motivar al gerente general de seguir implementando este programa, y en un futuro poder implementar el Mantenimiento Productivo Total, involucrando a todo el personal, con capacitaciones e incentivos que ayuden a lograr la meta.

### **Agradecimientos**

Se le agradece a la cafetería The Italian Coffe Company por permitir adentrarnos a la franquicia donde se realizó esta investigación. Así mismo al franquiciatario y al gerente de la empresa por su apoyo y por brindarnos la información necesaria para obtener datos específicos que son punto clave de este tema.

### **Referencias**

1. Dounce Villanueva, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial* (1ra Edición ed.). México: Grupo Editorial Patria.
2. Gaytán Reyes, A. (30 de Noviembre de 2000). *Colección Digital UANL*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2018, de Colección Digital UANL: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020148008.pdf>

## PROPUESTA DE UN JUGUETE INTERACTIVO, AUDIOTÁCTIL PARA EL APRENDIZAJE INICIAL DEL SISTEMA BRAILLE

**M. Sampayo-Cárcamo<sup>1</sup>, D. Rojas-Balbuena<sup>2</sup>, V. Villa-Barrera<sup>1</sup> y P. Leyva-Lazcano<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango - [m.sampayo.carcamo@gmail.com](mailto:m.sampayo.carcamo@gmail.com), [iivilla@hotmail.com](mailto:iivilla@hotmail.com), [leyva\\_lazcano@hotmail.com](mailto:leyva_lazcano@hotmail.com).

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Avenida Tecnológico No.80, Col. 5 de octubre, Huauchinango, Puebla, México - [dorian\\_915@hotmail.com](mailto:dorian_915@hotmail.com).

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** Según la Organización Mundial de la Salud, la cantidad de las personas con discapacidad visual se estimaron en 285 millones en 2010, de los cuales 39 millones eran ciegos. Además, el 90% de las personas con discapacidad visual viven en países de ingresos medios y bajos, y ello puede llegar a ser una limitante para poder ingresar a escuelas especiales y poder lograr a edad temprana el aprender a comunicarse mediante la lectura y la escritura, es por ello que el presente trabajo, propone el diseño de un dispositivo de lectoescritura audio-táctil, nombrado "Tifli", que tiene como objetivo convertirse en un juguete de apoyo en el aprendizaje inicial del sistema braille para personas ciegas, principalmente niños. Aunque existen varios dispositivos que pretenden familiarizar al niño ciego con este sistema, la mayoría no considera que la escritura se realiza de derecha a izquierda en una hoja de papel, y la lectura se hace de izquierda a derecha por el reverso de la misma hoja, por lo que tienden a generar confusión entre las posiciones de las letras dentro del signo generador. *Tifli*, está pensado para permitir la lectoescritura por el lado que le corresponde, utilizando el caparazón para la escritura y el vientre para la lectura. El dispositivo permitirá mediante la tiftotecnología ubicar posiciones, texturas y letras en idioma español e inglés, mediante un sistema electrónico, que permitirá la escritura de las letras, la lectura táctil y su respectiva reproducción sonora.

### Introducción

El sistema de lectoescritura braille, fue pensado para ser explorado de forma táctil, para las personas ciegas o con resto visual mínimo. Este sistema requiere para su correcto aprendizaje la memorización de la combinación de puntos que forman parte del llamado signo generador o celdilla braille.

Aunque existen diversos métodos de enseñanza de dicho sistema, todos requieren de la familiarización del alumno con ciertos conceptos táctiles, auditivos y espaciales, que se deben adquirir desde edades muy tempranas, mientras más infantes, mejor.

El presente proyecto pretende introducir al niño en el aprendizaje del sistema braille de una forma lúdica, divertida y lo más apegada a la forma real y correcta de escritura y lectura de dicho sistema, pues mediante un juguete interactivo llamado *Tifli* el niño a partir de los 2 años o antes si los padres lo desean, tendrá noción y se familiarizará las posiciones correctas de cada letra para la escritura, y, dando vuelta podrá realizar la lectura de lo escrito anteriormente, en idioma inglés y español tal como se realizará la escritura y lectura de un texto en braille cuando sea un experto; además de las texturas y ubicaciones espaciales básicas para la orientación de los niños con discapacidad visual.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### A) Diagnóstico del proceso de lectoescritura braille

El sistema braille está hecho para poder ser explorado de manera táctil y su base es el signo generador o celdilla. Un signo generador está conformado por seis puntos, distribuidos en tres filas y dos columnas, formando un rectángulo vertical. Dentro de cada signo generador se pueden situar de uno a 5 puntos en relieve combinando sus posiciones para dar lugar a las letras del alfabeto, los números, los signos de puntuación, las vocales acentuadas, la diéresis, etc.

Las personas ciegas utilizan las yemas de los dedos para obtener la información escrita en relieve de un texto en braille, la mayoría de las personas usan los dedos índices para realizar la lectura. Cabe señalar que antes de aprender a leer el sistema braille, el usuario debe también aprender a escribirlo. La escritura en sistema braille se realiza de manera diferente a la lectura, para escribir un texto de manera manual se emplea una regleta plástica o metálica que contiene los signos generadores y un punzón, además de un papel especial llamado *leymers*. (ver figura 1)

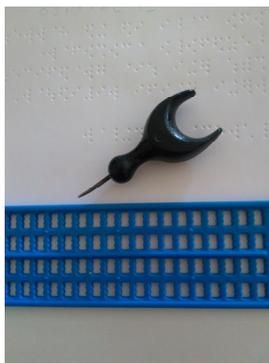


Figura. 1 **Materiales para la escritura braille.**

Cabe señalar que una característica especial del sistema braille es que su escritura se realiza de derecha a izquierda, mientras que la lectura se realiza de izquierda a derecha. Este detalle genera mucha confusión cuando una persona normo visual desea enseñar braille a una persona con discapacidad visual.

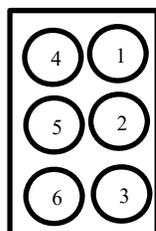


Figura. 3 **Posiciones para la escritura.**

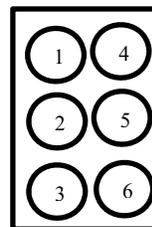


Figura. 2 **Posiciones para la lectura.**

La confusión se debe en gran parte a que la mayoría de los textos en braille, incluyendo el alfabeto, cuando los buscamos en la red, como imágenes, nos encontramos solo con textos en posición para la lectura, entonces muchas veces de forma inicial se desconoce que las posiciones de lectura son totalmente al revés.

## B) Áreas de oportunidad en el proceso de lectoescritura braille

Actualmente uno de los juguetes con los que los niños pueden interactuar es el llamado muñeco Brailin, que tiene la forma de un niño, diferentes texturas en su composición y un signo generador en su tórax, mismo que funciona oprimiendo cada uno de los puntos hacia abajo para que pueda colocarse en relieve y nuevamente hacia abajo para dejar de estar en relieve, esto puede parecer útil para empezar a familiarizarse con el sistema, desafortunadamente cuando el niño desee empezar a escribir formalmente, se encontrará con que no es posible, de forma manual, escribir y leer de una misma forma.

Otra área de oportunidad se encuentra cuando se entiende que, las personas normovisuales son las que pueden escribir y dibujar textos en tinta o en negro, entonces generalmente al buscar información sobre el alfabeto braille solo se encontrarán gráficos o imágenes que muestran el alfabeto en posiciones para lectura, como se aprecia en la figura 4. De esta forma se empieza a generar la confusión sobre las posiciones de los puntos para formar las letras, pues si una persona con discapacidad visual aprende las posiciones de la lectura antes que las de la escritura tendrá mucha dificultad para invertirlos cuando desee escribir un texto o palabra de forma manual.



Figura. 4 Ejemplo de texto para lectura en braille.

Por ello es que se diseña el dispositivo lúdico audio, táctil, para que el niño o niña que lo tenga como juguete, podrá familiarizarse rápida y correctamente con la diferencia entre las posiciones de escritura y de lectura del sistema, además de adquirir información útil para su vida cotidiana desarrollando el sentido del tacto, del oído y orientándose de forma espacial conociendo las posiciones: izquierda, derecha, arriba y abajo.

## C) Diseño del dispositivo lúdico, audio-táctil

Para el diseño del proyecto se pensó en la forma de una tortuga, debido a que es un animal muy querido por los niños y niñas, no tienen gran diferencia entre hembras y machos y tienen muy bien definidas las extremidades de su cuerpo, diferenciando fácilmente y sin confusión la cabeza, de la cola y el caparazón del

vientre. Se le ha dado el nombre de *Tifli* debido al vocablo griego *tiflos* que significa ciego.

Las funciones que contempla el diseño son: ubicación de “arriba” y “abajo” refiriéndose a cabeza y cola, las posiciones de izquierda y derecha con las manos de la tortuga, y las texturas básicas ubicadas en las 4 extremidades laterales de la misma: suave, rugoso, liso y áspero; así como 27 para el alfabeto español y 26 para el idioma inglés. Este dispositivo permitirá oprimir por el lado del caparazón cualquier punto o combinación de puntos, mientras se escucha el número de la posición oprimida y realizar la lectura de lo escrito por el lado del vientre de la tortuga, en relieve, mientras se escucha la letra o signo que se ha formado.

Así mismo se contemplan los siguientes puntos en el diseño del dispositivo:

- Ergonomía. Que el tamaño sea acorde a la medida de las manos de los niños y que sea de cómoda manipulación, ideales para su edad.
- Seguridad y calidad. Que no tenga piezas pequeñas que signifiquen un riesgo para los pequeños o que pueda romperse fácilmente.
- Tendrá un objetivo concreto.
- Estimulación de los sentidos.
- Fomento de las relaciones sociales.



Figura. 6 Modo de escritura en juguete.



Figura. 5 Modo de lectura en juguete.

## Resultados y Discusión

El diseño está pensado para ser muy amigable con los niños, su peso se pretende que sea ligero para ser fácilmente manejable por niños de 2 años o menos. Las pequeñas manos de los niños podrán percibir fácilmente los puntos oprimidos por el lado de la lectura por el relieve de los mismos y el tamaño. Y lo más importante, el niño estará familiarizado desde muy pequeño con el signo generador y con la norma de que el braille se escribe de derecha a izquierda, pero se lee de izquierda a derecha.

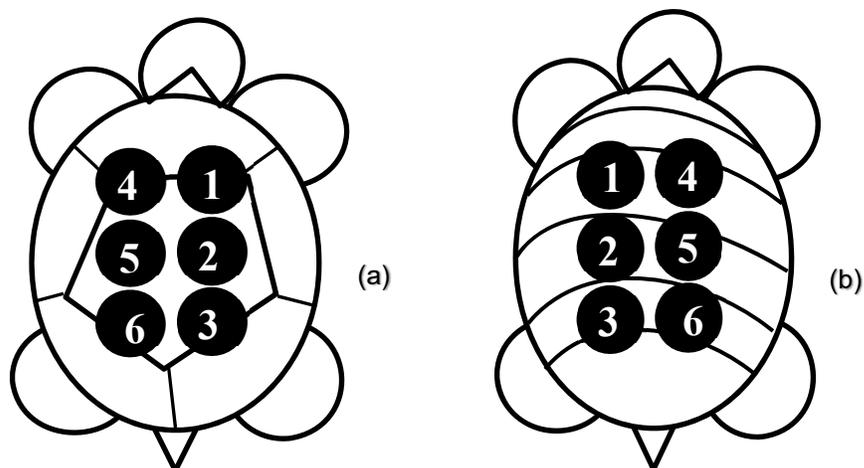


Figura. 7 (a) Vista superior de Tifli, (b) Vista inferior de Tifli

## Conclusiones

Se han implementado algunos juguetes con anterioridad, tomando como base algunos juguetes comerciales y modificándolos para la enseñanza del braille, sin embargo, se ha notado mayor interés de los niños, cuando presentan alguna retroalimentación auditiva o que cuentan con algún aditamento electrónico. Es por ello que se pretende hacer el diseño de un juguete totalmente elaborado y diseñado por nosotros, y que pueda ser reproducible, además de contar con dispositivos electrónicos que lo hagan mas atractivo para los niños, y que pueda con ello incrementar el aprendizaje de la escritura y lectura en braille y que, además, pueda ser usado para enseñar a niños que no tengan discapacidad visual a entender y aprender este lenguaje.

## Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, por su apoyo para la generación de esta investigación; a la Mtra. Margarita Islas Espinoza por sus aportaciones vivenciales como persona con más de 40 años con discapacidad visual y como maestra de braille para niños ciegos con más de 20 años de experiencia; al CRIH (Centro de Rehabilitación Integral de Huauchinango) por permitir la interacción con niños estudiantes del sistema braille y a Augusto González Sampayo por su valentía y optimismo en la vida como niño con discapacidad visual.

## Referencias

1. Simón Cecilia, Ochaíta Esperanza, Huertas Juan Antonio (1994) El sistema Braille-Bases para su enseñanza-Aprendizaje
2. Lérida Cuenca Sandra, Diseño de un juguete didáctico para niños invidentes
3. Herrera Moya Paola A., (2017) Elaboración de un juguete interactivo sonoro para la enseñanza del sistema Braille.

4. Espejo de la Fuente Begoña, Una experiencia de enseñanza-aprendizaje de la lectura y la escritura Braille.
5. Dussán Álvarez, María Antonieta, Jiménez Hernández, Luis Alexander, Hernández Suárez, Cesar Augusto, Giraldo Peñaranda, Leonel, Acosta Villamizar, Felipe, Sistema electrónico mecánico para el aprendizaje de la lecto-escritura del braille. Umbral Científico [en línea] 2004, (diciembre): [Fecha de consulta: 24 de enero de 2019]  
Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400508>> ISSN 1692-3375
6. Jácome Miranda Cristian A., Vaca Vaca Jonathan (2018) Desarrollo de un prototipo de lecto-escritura asistido por audio para el aprendizaje de personas no videntes mediante el sistema Braille.
7. Ortega Pérez Tatiana E. “juguete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje braille en niños del área de no videntes de la universidad técnica del norte.”

## ¿CÓMO GEOGEBRA RESUELVE INTEGRALES MÚLTIPLES?

**C.R. Moncada Andino<sup>1</sup>, D. Ocho Vásquez<sup>2</sup>, E. López Durán<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [clara.moncada@gmail.com](mailto:clara.moncada@gmail.com) <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [deyanira.ov@itzacatepec.edu.mx](mailto:deyanira.ov@itzacatepec.edu.mx) <sup>3</sup>Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [elopezd@gmail.com](mailto:elopezd@gmail.com)

**Área de participación:** Investigación Docente (CB)

**Resumen:** Entre los recursos para fortalecer el desarrollo de las competencias matemáticas en los estudiantes de ingeniería, está el uso de las TIC, a través de software que les permita identificar lo que involucran en cada paso, un proceso analítico de solución, además de verificar si éste proceso lógico, corresponde al que se ha desarrollado con lápiz y papel. ¿Por qué la importancia de esto? Para la verificación y comprobación de resultados, lo que crea condiciones para que el estudiante de ingeniería, implemente estas verificaciones den diversas asignaturas, al asegurar, a sí mismo, la confianza y credibilidad de su aprendizaje, al llegar a resultados coincidentes. El procedimiento de este trabajo, muestra el proceso de solución de integración múltiple utilizando GeoGebra, desde sus diversas opciones de interfaces que el software cuenta.

### Introducción

La dificultad que presentan los estudiantes para comprender el proceso de resolución de integrales múltiples, es uno de los retos por superar en el proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, considerando que la estrategia principal es arrastrando el lápiz en papel o en el pizarrón. Las integrales múltiples estudiadas, forman parte de espacios de segunda y tercera dimensión, y para ésta última, la visualización de lo que ocurre es poco significativa, limitándose el estudiante a resolver de manera algorítmica.

Uno de los motivos que originan éstas dificultades, es contar con bajo razonamiento abstracto y espacial, por lo que, al contar con soporte tecnológico, se crea condiciones para superar, de manera parcial o total, éstas dificultades o en su defecto el estudiante toma conciencia de las mismas. Esa toma de conciencia lo llevará a concentrarse en otras líneas de solución que por sí mismo apoyarán a su aprendizaje significativo.

Además, siendo GeoGebra un software fácil de utilizar, la verificación de los resultados será más inmediata y concreta, contando con la confianza en sí mismo de completar el o los problemas o ejercicios, tanto cuando sea por estudio propio o resolviendo una tarea, actividad, práctica, examen.

Éste no es más que un proceso de representación semiótico, al trabajar con lápiz y papel las acciones analíticas de los cálculos, tanto algebraicos como gráficos, están apoyados en las teorías que Duval y Rojas al exponer que, *el procesamiento matemático siempre implica algunas transformaciones de representaciones semióticas* (2006, p. 145).

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

En este trabajo se presentan el uso del recurso de GeoGebra en dos momentos: (1) que corresponde a una situación en el plano de dos dimensiones, y (2) situación en el espacio tridimensional. Cada momento corresponden, respectivamente, al cálculo de integrales dobles y triples, resaltando que es sólo procedimental y no una situación problema concreta.

Tomando las definiciones de Larson y Edwards, se tienen:

Integrales dobles.- Si  $f$  está definida en una región cerrada y acotada  $R$  del plano  $xy$ , entonces la integral doble de  $f$  sobre  $R$  está dada por

$$\int_R \int f(x, y) dA = \lim_{\|\Delta\| \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(x_i, y_i) \Delta A_i$$

Siempre que el límite exista. Si existe el límite entonces  $f$  es integrable sobre  $R$ . (2010, p. 994)

Integrales triples.- Si  $f$  es continua sobre una región sólida acotada  $Q$ , entonces la integral triple de  $f$  sobre  $Q$  se define como

$$\int \int_R \int f(x, y, z) dV = \lim_{\|\Delta\| \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(x_i, y_i, z_i) \Delta V_i$$

Siempre que el límite exista. El volumen de la región sólida  $Q$  está dada por

$$\text{Volumen de } Q = \iiint_Q dV.$$

(2010, p. 1027)

### ¿Cómo proceder a la solución de éstas integrales en el ambiente de GeoGebra?

Al respecto, y sobre el momento (1) que corresponde a la primera definición, estando en la herramienta de GeoGebra, se siguen los pasos siguientes:

- El procedimiento implica, ir resolviendo las integrales de adentro hacia afuera, es decir, del diferencial interior al exterior.
- Habilitar la Vista CAS y en la primera fila se escribe Integral. Aparecen muchas opciones, entre las cuales, se utilizarán, por el orden, los comandos siguientes:
  - ✓ *Integral( <Función>, <Variable> )*
  - ✓ *Integral( <Función>, <Extremo inferior del intervalo>, <Extremo superior del intervalo> )*
- Tener a la mano el ejercicio de doble integral. Se utiliza el comando *Integral( <Función>, <Variable> )*. En *Función* se escribe la función que aparece dentro de la integral; en *Variable*, el nombre de la variable del diferencial interior. Tras introducir los datos, dar Enter.

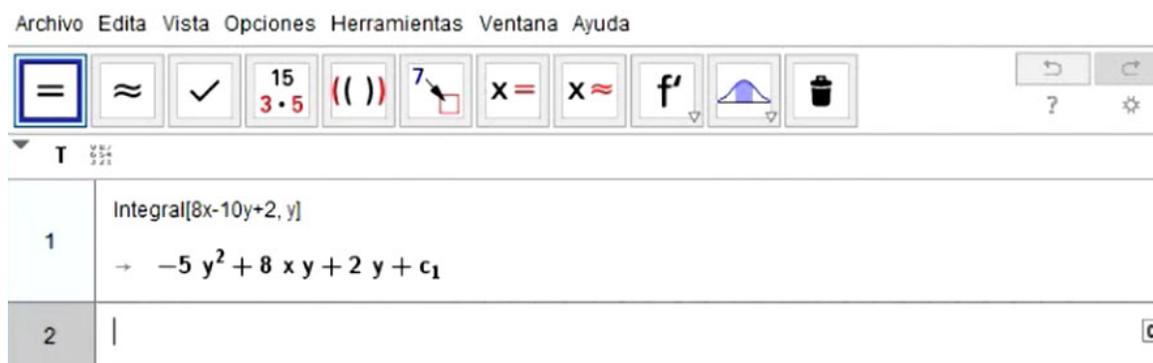
- d) Hacer la Sustitución del límite superior de la integral interior. Es decir, lo que procede es encontrar el  $F(b)$  del Teorema Fundamental del Cálculo.
- e) Repetir ahora la Sustitución, solo que ahora con el límite inferior de la integral interior, para calcular el correspondiente  $F(a)$ . Cambiarle el signo.
- f) Sumar los resultados obtenidos de las filas asociadas a los apartados (d) y (e).
- g) En la siguiente fila aparece una nueva función, que es la suma, misma que será valorada en el único diferencial que queda, en tal caso, se usa el comando *Integral*( <Función>, <Extremo inferior del intervalo>, <Extremo superior del intervalo> ). Al dar Enter se obtiene el resultado final de la doble integral
- h) El proceso se repite dos veces pero utilizando comandos diferentes.

Para el momento (2) que corresponde a la segunda definición, los pasos son similares al momento (1). El uso de *Integral*( <Función>, <Variable> ), es doble para las dos diferenciales interiores y para la de afuera se utiliza *Integral*( <Función>, <Extremo inferior del intervalo>, <Extremo superior del intervalo> ). El proceso se repite tres veces, siempre de adentro hacia afuera.

Caso particular. Calcular la siguiente integral doble:

$$\int_1^2 \int_{-x}^{x^2} (8x - 10y + 2) dy dx$$

Con el recurso de GeoGebra, los pasos a seguir son de acuerdo a las seis figuras siguientes:



**Figura 1.-** Calcula la integral indefinida en términos de la variable “y”, porque “dy” es el diferencial interior.

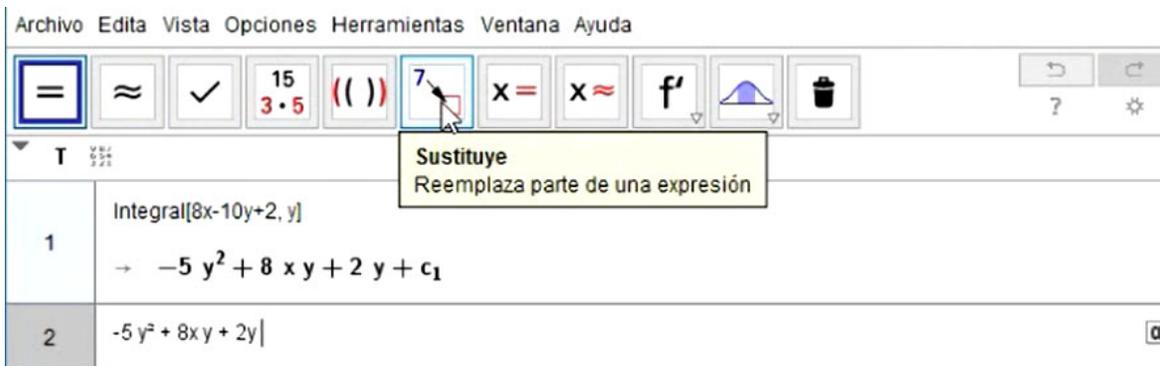


Figura 2.- Sustituye el límite superior de la integral interior del “dy”.

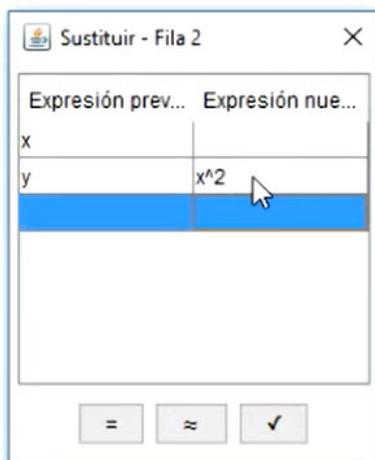


Figura 3.- Seleccionar la función a sustituir en la integral en términos de la variable “y”, porque “dy” es el diferencial interior.

Archivo Edita Vista Opciones Herramientas Ventana Ayuda

1	Integral[8x-10y+2, y] → $-5 y^2 + 8 x y + 2 y + c_1$
2	-5 y <sup>2</sup> + 8x y + 2y <input type="radio"/> Sustituye, y=x <sup>2</sup> : $-5 x^4 + 8 x^3 + 2 x^2$
3	-5 y <sup>2</sup> + 8x y + 2y + c <sub>1</sub>

Figura 4.- Resultado obtenido de la sustitución en la integral, al calcular en términos de la variable “y”, porque “dy” es el diferencial interior.

Archivo Edita Vista Opciones Herramientas Ventana Ayuda

1	Integral[8x-10y+2, y] → $-5 y^2 + 8 x y + 2 y + c_1$
2	-5 y <sup>2</sup> + 8x y + 2y <input type="radio"/> Sustituye, y=x <sup>2</sup> : $-5 x^4 + 8 x^3 + 2 x^2$
3	-5 y <sup>2</sup> + 8x y + 2y <input type="radio"/> Sustituye, y=-x: $-13 x^2 - 2 x$
4	-1(-13 x <sup>2</sup> - 2x) <input type="radio"/> → $13 x^2 + 2 x$
5	-5 x <sup>4</sup> + 8x <sup>2</sup> + 2x <sup>2</sup> + 13x <sup>2</sup> + 2x <input type="radio"/> → $-5 x^4 + 8 x^3 + 15 x^2 + 2 x$
6	

Figura 5.- Secuencia del proceso de sustitución en la integral, para continuar calculando en términos de la variable “y”, porque “dy” es el diferencial interior.

4	$-1(-13x^2 - 2x)$ <input type="radio"/> $\rightarrow 13x^2 + 2x$
5	$-5x^4 + 8x^2 + 2x^2 + 13x^2 + 2x$ <input type="radio"/> $\rightarrow -5x^4 + 8x^3 + 15x^2 + 2x$
6	Integral $[-5x^4 + 8x^2 + 15x^2 + 2x, 1, 2]$ <input type="radio"/> $\rightarrow 37$
7	

**Figura 6.-** Encontrada la primitiva resultante del “dy” del diferencial interior, ahora se evalúa en los límites del diferencial exterior “dx”, y se obtiene el resultado de la doble integral.

Al resolver la doble integral con lápiz y papel, el resultado es exactamente el mismo.

### Resultados y Discusión

Vale la pena resaltar que entre los resultados obtenidos está el porcentaje de acreditados en el tema relacionado a integración múltiple, que oscila entre un ochenta al cien por ciento, lo que por mucho tiempo era menor al cincuenta por ciento.

Otro punto satisfactorio, es que tienen a la mano el móvil en el cual, el programa de GeoGebra cuenta con aplicaciones diversas para éstos dispositivos, en diversos sistemas operativos. Este acceso a la mano, hace del recurso, una herramienta fuerte para su uso frecuente.

Se abren puertas para la implementación del recurso, para el cálculo de áreas y volúmenes, gracias a las Vistas diversas del software, volviendo cada situación dinámica, al contar GeoGebra con esa cualidad.

La calidad como la formación integral de los estudiantes de ingeniería, será mejorada al incorporar este recurso multiplataforma, multidispositivos, multisistemas operativos.

La propuesta es “contar con espacio horario para que los estudiantes tomen clase una hora a la semana en el laboratorio y las demás en el salón de clase, considerando que sin tenerlo, los resultados son al fin satisfactorio, al resolverlos con GeoGebra.

### Conclusiones

GeoGebra facilita a los estudiantes realizar una valoración de sí mismo, como de sus pares y equipos de trabajo, al verificar las distintas transformaciones, resultados de las representaciones dinámicas del programa.

El estudiante detecta de manera oportuna y antes del examen, cuáles son sus áreas de oportunidad, asiste a asesoría, superando en corto tiempo sus dudas.

El programa no da mayores problemas a los estudiantes, por lo que su avance de formación, no se ve afectado, todo lo contrario, se beneficia al poder manipular lo que hace en su cuaderno o pizarrón, de manera dinámica.

Ciertamente, el software en sí mismo no resuelve en su totalidad los problemas en general que se presentan en el proceso de aprendizaje, pero sí una parte de ellos, como la confianza y detectar qué sabe y qué no al comprobar sus resultados.

El siguiente paso es, el uso del recurso en situaciones problemas de áreas y volúmenes.

### **Agradecimientos**

Agradezco a las autoridades del Instituto Tecnológico de Zacatepec por dar seguimiento a los congresos internacionales. Su difusión me ha motivado a participar con este trabajo, que se basa en mi quehacer docente.

### **Referencias**

1. GeoGebra, “*Manuales*” en <http://www.geogebra.org> recuperado el 30 de Enero del 2019.
2. P. Rojas en “*Sistemas de representación y aprendizaje de las matemáticas*”. Revista digital Matemáticas, Educación e Internet. 2012.
3. R. Duval en “*Un tema crucial en educación matemática: la habilidad para cambiar de registros de representación*”. La gaceta de la RSME, 9(1), páginas 143-168. Argentina, 2006.
4. R. Larson; B.H. Edwards en “*Cálculo 2: de varias variables*”. Editorial McGrawHill. México, 2010.

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA CON IMPACTO EDUCATIVO, PARA ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE A NIVEL SUPERIOR, UTILIZANDO UN PLAN DE NEGOCIOS. (MODELO CANVAS)

**M. Muñoz-Fuentes<sup>1</sup>, R. González-Ambriz<sup>2</sup>, J. A. Avila-Fonseca<sup>2</sup>, B. A. González-Martínez<sup>3</sup>, A. Escamilla-Urbe<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Administración, [mithemf@hotmail.com](mailto:mithemf@hotmail.com), <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, [brizemia@hotmail.com](mailto:brizemia@hotmail.com), [jaavila007@hotmail.com](mailto:jaavila007@hotmail.com),

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería en Informática, [doc28itsh@gmail.com](mailto:doc28itsh@gmail.com), [ingale@hotmail.com](mailto:ingale@hotmail.com), del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Nigromante No. 10 Col. Centro, Huauchinango, Puebla.

*Área de participación: Investigación Docente (CB)*

**Resumen:** Al implementar el uso de un plan de negocios, como estrategia educativa, en los estudiantes de los primeros semestres de la carrera de Ingeniería en Administración, desarrolla habilidades de emprendedurismo bajo el enfoque de Modelo de Negocios, en sus actividades educativas, y mejora su rendimiento académico. El estudio de casos, utiliza un plan de negocios (Modelo CANVAS) bajo el enfoque de *Alexander Osterwalder*, con la finalidad de generar proyectos integradores, en los estudiantes, estableciendo una estructura de optimización de los nueve pasos del modelo. En este proceso, les permiten poner en práctica sus conocimientos adquiridos en las diferentes materias, desarrollando habilidades con espíritu emprendedor, profesionales e intelectuales, generando una visión futura en los estudiantes, participando de manera activa en el entorno educativo y empresarial, a nivel regional. Durante el semestre se aplicó el Modelo de Negocio, proceso administrativo y estructuración para la creación de una empresa, utilizando taller de administración como materia líder, aplicando tecnologías de la información, el resultado fue la obtención de proyectos integradores, así como la generación de prototipos y aceptación de las actividades significativas en el aprendizaje.

## Introducción

En la actualidad, instituciones de nivel superior en el Estado de Puebla, identifican diversos factores que afectan a estudiantes de los primeros semestres, la falta de motivación, problemas económicos, entre otros. El Estado pone en marcha los Programas Inicia tu carrera, y/o Prospera, para que los estudiantes se mantengan dentro del sistema educativo a nivel superior, durante los primeros semestres de carrera, es cuando se logra una captación importante de estudiantes al Instituto Tecnológico, de comunidades de extrema pobreza, la necesidad de implementar estrategias educativas que logren el eje del cambio en el Instituto Tecnológico, es necesario que los estudiantes desarrollen habilidades de negociación, liderazgo, desarrollo de productos, pensamiento creativo y analítico como la exposición a la innovación tecnológica.

El Plan de Negocios es una herramienta que impulsa el emprendimiento, sin embargo es un desafío para los estudiantes en el desarrollo de sus competencias profesionales, impulsar la innovación y la oportunidad de generar sus propias empresas.

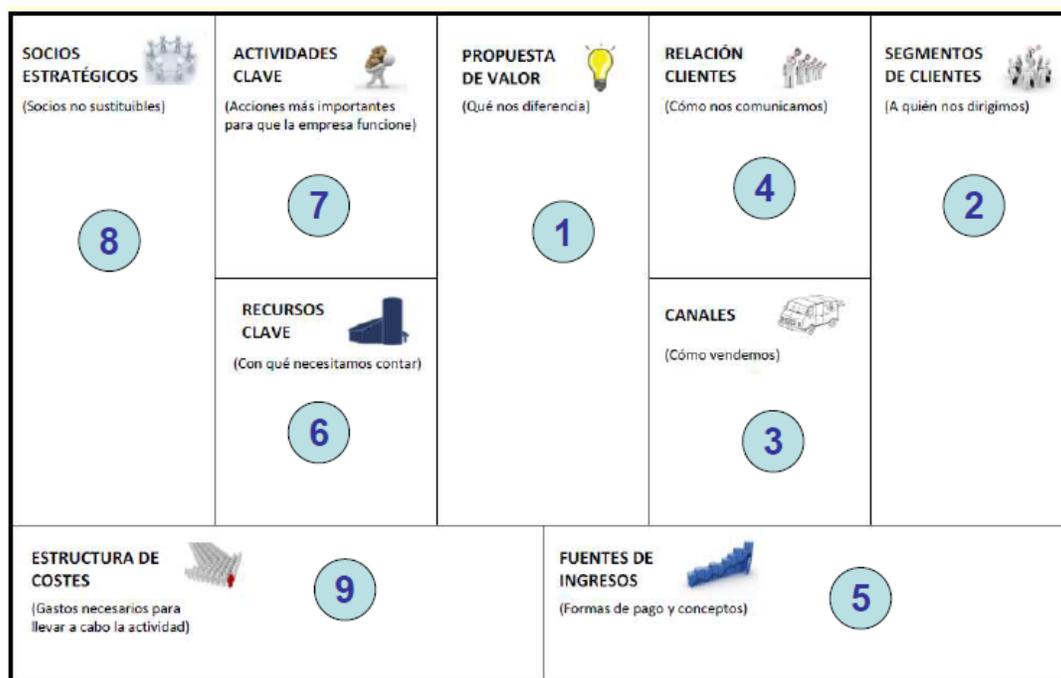
Generando proyectos integradores, que permitan aplicar sus conocimientos adquiridos consientes de los cambios sociales, aplicando tecnología e innovación,

para vinculándolos directamente con el sector empresarial bajo la asesoría profesional del Instituto Tecnológico.

### Fundamento Teórico

Al definir el Modelo Canvas, es importante señalar como se relaciona Canvas con el emprendedurismo considerado como un diseño creativo de negocios. A mediados de la década de 1950. Peter Drucker, definió el modelo de negocios “como la respuesta a las preguntas: ¿Quién es el cliente?, ¿Qué valora el cliente? Y ¿Cómo obtenemos dinero de este negocio?” (Banchieri & Blasco, 2013, pág. 480)

Los estudiantes forman equipos de trabajo, donde aplican Canvas para iniciar la idea de cada uno de sus proyectos utilizando el lienzo que se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Estructura gráfica del Modelo Canvas.

Todo comienza con una idea, planificación estratégica, y todo son hipótesis, plasmados en un lienzo de 9 módulos como a continuación se describen:

1. Propuesta de valor. Aplicando la técnica de lluvia de ideas los equipos de trabajo proponen alrededor de 50 ideas, y posteriormente las van analizando y descartando hasta quedarse con una, analizando las propuestas de valor diferentes, para cada segmento, donde ofrece al cliente más que productos o servicios, es decir que lo hace diferente a las demás dentro de un mercado competitivo, identificando modificaciones e innovación.
2. Segmento de clientes. Hay que definir el segmento de clientes: Identificación de mercado o Nicho. Características de la oferta por la que están dispuestos

- a pagar. Se identifican necesidades de cada uno de nuestros clientes más importantes o potenciales.
3. Canales. De qué manera prefieren nuestros clientes ser contactados, cual es el canal que mejor funciona, identificando el más eficiente en costos y como integrarnos en la rutina de los clientes. Comunicación, distribución y canales de venta, ayudando a nuestros clientes a que tomen conciencia de nuestra propuesta de valor, para facilitar la compra al cliente anticipada a la venta.
  4. Relación con el cliente. Establece que tipo de relación queremos mantener con nuestro cliente, cuanto nos cuesta esta relación y como se integra el modelo de negocios, a través de la relación personal con dedicación, o inclusive con servicios automatizados: grabaciones, maquinas, autoservicio: donde el cliente se sirve solo. Busca que el cliente se sienta con libertad pero al mismo tiempo.
  5. Ingresos. En este apartado la propuesta de valor, es de vital importancia ya que verifica cuanto están dispuestos a pagar nuestros clientes, y como preferirían pagar. Puede ser un solo pago, pagos recurrentes, por servicio o pagos de servicio anticipado a la venta.
  6. Recursos clave. Son todos aquellos que requiera nuestra propuesta de valor para llevarla a cabo, los que se requieran para los canales de distribución, para mantener una buena relación con nuestros clientes, y las fuentes de ingresos, pueden ser propios, alquilados o comprados, incluye también los intelectuales: marcas, patentes. Sin dejar de contemplar los recursos humanos y financieros.
  7. Actividades clave. Intervienen las actividades clave para nuestra fuente de ingresos como son: producir, atender a clientes, solucionar problemas, plataformas web, redes colaborativas de atención a clientes. Todas las actividades necesarias para que funcione la empresa.
  8. Socios clave. A través de las tecnologías de la información y comunicación, donde se describe a nuestros proveedores y socios que hacen que el modelo de negocios funciones, optimiza el negocio, reduce riesgos e incertidumbres, logra adquirir en particular un activo o recurso por medio de los socios.
  9. Estructura de costos. Son los costos más importantes de nuestro modelo de negocios, los recursos clave o actividades más caros en los que incurre la empresa. Sin embargo son actividades que requieren automatización, simplificación de operaciones, y mejor atención al cliente. Costos fijos y variables, incluyendo economías de escala.

Esta propuesta educativa implementada en el primer año de la carrera de Ingeniería en Administración en el instituto, con este modelo de negocios en sus proyectos educativos, logra que los estudiantes solidifiquen sus ideas y pongan en práctica los conocimientos adquiridos de diferentes materias, diseñar prototipos y comercializar sus diferentes productos representando un ingreso económico para cada uno de ellos, con el asesoramiento oportuno en los diferentes rubros, mencionado que la estructura de su proyecto logra apegarse a la de una pequeña empresa, con visión de financiamiento futuro.

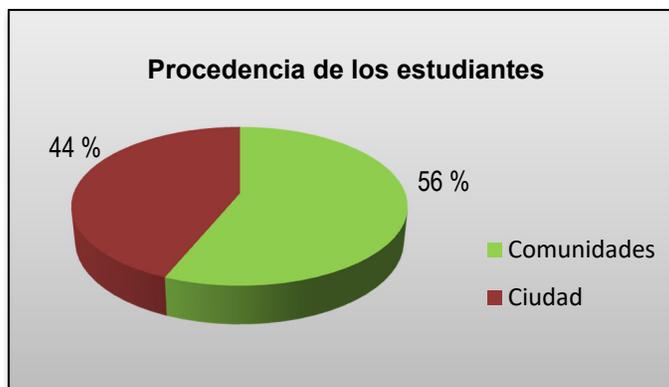
Beneficios de aplicar la propuesta educativa.

- ⊕ Mejora el aprovechamiento académico de cada uno de los estudiantes que integran el proyecto.
- ⊕ Cubren necesidades económicas a través de la comercialización de sus productos y del emprendedurismo.
- ⊕ Eleva el conocimiento adquirido e investiga y profundiza, de acuerdo a cada proyecto para sustentar su propuesta.
- ⊕ Detecta necesidades o áreas de oportunidad dentro de las empresas, para generar nuevos proyectos.
- ⊕ Disminuye el índice de deserción porque los estudiantes se vuelven activos y en el ámbito familiar se vuelven productivos.
- ⊕ Implementa las tecnologías de la información y comunicación como herramienta pedagógica, para su formación integral.
- ⊕ Logra el desarrollo de habilidades y la toma de decisiones en el proceso de negociación.
- ⊕ Identifica el funcionamiento de la estructura de las empresas, y las pone en marcha desde la alta dirección, jefes de cada departamento, como las funciones que realizan cada uno de ellos, para el buen funcionamiento de su empresa, como futuros profesionistas.
- ⊕ Aplica directamente su ética profesional en todos los ámbitos, social, ambiental, cultural, laboral y profesional.

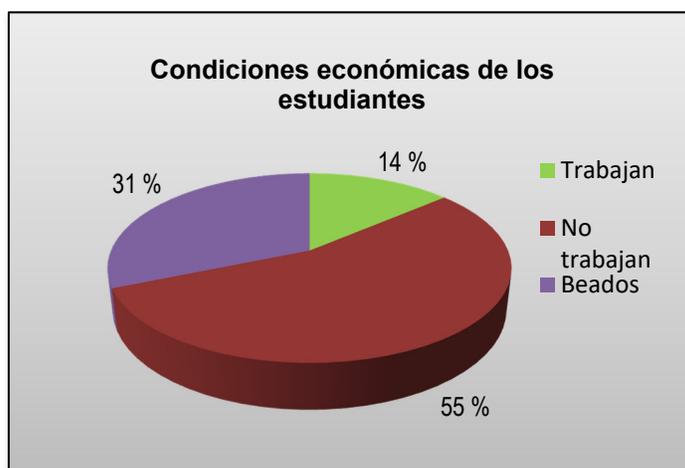
## Resultados y Discusión

### Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

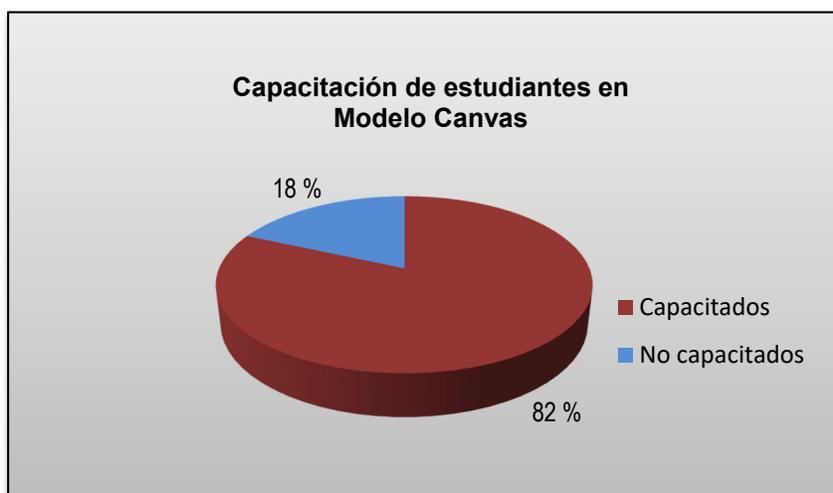
Los grupos en los cuales se aplica la estrategia educativa para esta investigación son de la carrera de Ingeniería en Administración primer año, cuya procedencia es del 56% de comunidades aledañas a la zona de influencia del Instituto (Figura 2), identificando diversos factores económicos, el 55% de los estudiantes no trabajan, el 31% se encuentran becados y el 14% trabajan (Figura 3); determinando la necesidad económica que prevalece en la población estudiantil en la materia líder "Taller de administración I", partiendo del punto de capacitar a los estudiantes en el Modelo Canvas, integrado por ochenta estudiantes de los cuales el 100% desconocían el modelo de negocios. Todos ellos fueron entrevistados para ver si les interesaba participar en la propuesta educativa, debido a que significaba un doble esfuerzo durante el semestre para lograr el proyecto.



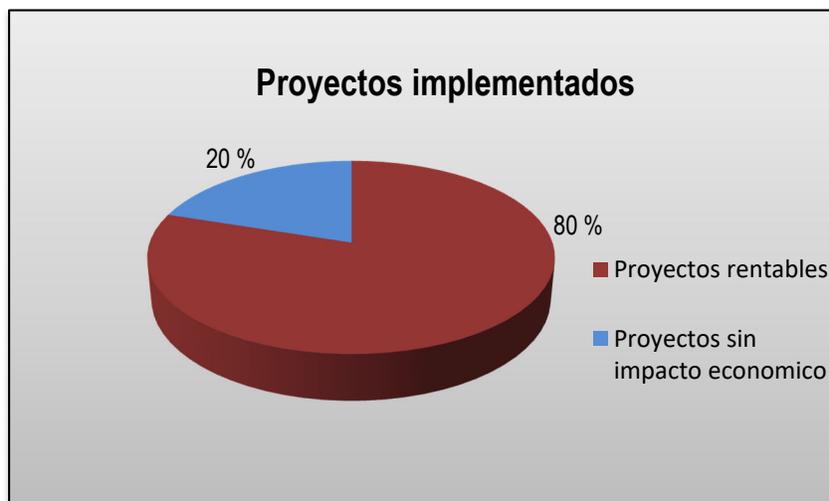
**Figura 2.** Total de estudiantes provenientes de comunidades y los que radican en la ciudad, de la materia líder “Taller de administración I”.



**Figura 3.** Porcentaje de estudiantes que trabajan, los que no trabajan, y los becados.



**Figura 4.** Porcentaje de estudiantes recibieron la capacitación y estuvieron de acuerdo en generar su proyecto.



**Figura 5.** Proyectos implementados con la estrategia educativa, con elevado aprovechamiento académico e impacto económico en los estudiantes.

De ochenta estudiantes que fueron inscritos en la propuesta de estrategia educativa, 65 estudiantes que representa el 82 %, tomaron la capacitación y lograron desarrollar habilidades de competencia educativa, capacitando a los otros 15 estudiantes que representan el 18% (Figura 4), integrándose cuatro estudiantes en cada equipo, logrando generar veinte proyectos, de los cuales el 80 % son rentables y el 20 %, son de impacto ambiental y social. (Figura 5)

Condiciones de evaluación de los proyectos:

- Los estudiantes realizan una exposición de proyectos, donde identifican que sus productos son fácilmente desplazados en su nicho de mercado, logrando las metas establecidas y ganancias atractivas, y oportunidades de negocios.
- Los productos terminados son de calidad, y logran abatir diferentes problemas del segmento de clientes. Convirtiendo sus proyectos en rentables.
- Logrando la satisfacción del cliente, ya que son innovadores y por medio de las tecnologías de la información, cubren los canales de comunicación con sus clientes.
- Desarrollan habilidades directivas y empresariales al generar toda la estructura del proyecto, determinando su inversión total para establecerse como futuras empresas rentables.

La estrategia educativa implementada en el primer año de nivel superior supero las expectativas, debido a que los jóvenes, desarrollaron competencias pedagógicas con alto impacto, estas normalmente las adquieren a lo largo de su carrera y diseñan sus proyectos con una estructura diferente, solo para cubrir los requisitos de residencia profesional, y poder titularse en cada una de las carreras que actualmente tiene el Instituto. Un plan de negocios, lo estructuran hasta séptimo semestre, la estrategia busca desarrollar habilidades en estudiantes para que logren

solidificar sus conocimientos y proyectos educativos integradores con financiamiento para establecerse como empresas.

## Conclusiones

La estrategia educativa con base a Modelo Canvas, tiene como objetivo el asesoramiento al estudiante con una materia líder, para la generación de proyectos integradores, que responden a una realidad y necesidad actual, para el desarrollo de habilidades empresariales, impactando en el proceso de enseñanza aprendizaje, de los estudiantes de los primeros semestres a nivel superior, traducido en logros académicos y personales que han ayudado al desarrollo del espíritu emprendedor, como factor importante en el mejoramiento de sus competencias, y en su formación integral profesional acorde con su perfil académico.

Generando proyectos con productos de alta calidad, reflejando un aprendizaje en su educación profesional al poner en marcha todos los conocimientos adquiridos, y manejo de empresas desde su creación hasta el logro de su financiamiento ya sea en instituciones bancarias, cajas de ahorro o a través de concursos, impactando en la económica social de la sierra norte del estado de manera importante. Permitiendo el logro de objetivos de la propuesta educativa, y al integrar a los estudiantes en proyectos puestos en marcha y su permanencia hasta concluir sus estudios a nivel superior ayudando a generar un cambio en la actitud emprendedora y participar activamente, en la gestión empresarial, que coadyuven en la economía de la región.

## Agradecimientos

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango,

## Referencias.

1. Banchieri, L., y Blasco, M. (2013). *Autoevaluación de la gestión por parte de pequeñas y medianas empresas. Intangible capital*. Recuperado el 15 de Enero de 2019 de: <https://www.redalyc.org/pdf/549/54928232009.pdf>
2. Fundación E. *Planes de Negocio*. Guía de Diseño, 2010. [www.fundacione.org](http://www.fundacione.org)
3. Fundación Princesa de Girona. Consultado el 31 de Enero de 2019 [En línea]: <http://www.emprenderesposible.org/modelo-canvas>
4. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Consultada el 28 de enero de 2019. [En línea]: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
5. Instituto Tecnológico de Orizaba. (2017). *Taller de Talento emprendedor*. TNM. Manual de participante.
6. Movistar. Consultado el 23 de Enero de 2019. [En línea]: <https://destinonegocio.com/pe/emprendimiento-pe/modelo-canvas-para-poder-plasmar-una-idea-de-negocios/>
7. Secretaría de educación pública. *Beca inicia tu carrera sep-prospera 2018*. Consultado el 15 de enero de 2019. En: <https://www.gob.mx/sep/documentos/beca-inicia-tu-carrera-sep-prospera-2018>.
8. Osterwalder, A., Pigneur, Y. & Tucci, C. (2005). *Clarifying Business Models: origins, present, and future of the concept. Communication of the Association*

- for Information Systems*. Recuperado el 25 de enero de 2019 de: <http://www.softwarepublico.gov.br/5cqualibr/6-publicacoes-e-artigos/view/vetorecossitema/sobre.modelo-de-negocios/Claryfing-Busines-Modelo.pdf>
9. Osterwalder, A. (2009). *Obstáculos de la innovación en los modelos de negocios*. Osterwalder, A. and Pigneur Y. (2010) *Business Model Generation*.
  10. Secretaria de economía. *México emprende*. Consultado el 20 de enero de 2019. [En línea]: [www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico\\_emprende/agenda-de-emprendedor](http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico_emprende/agenda-de-emprendedor).

# DISEÑO E INTEGRACIÓN DE INTERFAZ GRÁFICA, PARA MONITOREO, CONTROL DE PROCESO E INVENTARIO PARA SILOS DE ALIMENTACIÓN A LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

**A. Cruz-Garrido<sup>1</sup>, G. Castillo-Quiroz<sup>1</sup>, E. Gonzaga-Licona<sup>1</sup>, B. M. Hernández-Briones<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No. 80, Col. 5 de Octubre, Huauchinango Puebla, México-  
[arnulfocruz2003@yahoo.com.mx](mailto:arnulfocruz2003@yahoo.com.mx), [gcquiroz1977@gmail.com](mailto:gcquiroz1977@gmail.com), [goleon37@hotmail.com](mailto:goleon37@hotmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de Mantenimiento Industrial de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Av. Universidad Tecnológica No. 1000, Tierra Negra, Xicotepec de Juárez, Puebla, México-  
[manuel\\_briones@live.com.mx](mailto:manuel_briones@live.com.mx)

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** La empresa donde se llevó a cabo el proyecto cuenta con un par de líneas de producción para fabricación de tapas de vasos, botellas etc. a base de PET, alimentadas con materia prima que viene de dos grandes silos de 60 y 80 toneladas de capacidad, por ello es de suma importancia tener datos actualizados en tiempo real del producto a suministrar a las líneas. El presente artículo consiste en diseñar un interfaz gráfico de usuario para el monitoreo y el control de procesos e inventario de silos, sintetizando el trabajo desarrollado para la empresa líder en cierres de plásticos y sistemas de envasados, proporcionando datos que generen alarmas de estados (máximos y mínimos), incorporando control estadístico para tomas de decisiones gerenciales y consumo. El desarrollo del software incorpora almacenaje y generación de reportes, envía en tiempo real a cada uno de los involucrados en el proceso, un correo electrónico personal, ofreciendo servicio inmediato a alarmas de proceso. La información recolectada por la tarjeta de adquisición permite la interpretación mediante graficas observando comportamientos de suministros a líneas de producción proporcionando servicio predictivo a cada uno de los silos. Antes de la puesta en marcha del sistema los datos eran recolectados en campo manualmente, registrados en bitácoras y capturados en una hoja de cálculo, determinando el consumo de silos por turnos (matutino, vespertino y nocturno), generándose reportes e interpretación de datos. Finalmente generar órdenes de trabajo para las diferentes áreas como compras, mantenimiento, ventas, estadística, control de calidad, recursos financieros etc...

## Introducción

La integración de sistemas de pesaje para silos de alta eficiencia en medición de peso o grandes cantidades de materiales almacenados en contenedores sugieren un problema para determinar con exactitud cuánto se tiene, muchos sistemas de pesaje en silos de grandes dimensiones no le ofrecen una medición fiable, ya que nunca coinciden sus registros de las cantidades almacenadas y las cantidades que vende o requiere para sus procesos de manufactura.

Además del sistema de pesaje puede ofrecer sistemas de monitoreo de entrada de material y salida de material, con registros que le proporcionan herramientas administrativas para tener un buen control de sus materiales, identificar mermas, valores no comunes, fraudes, rendimiento, pedidos y material entregado en proceso o ventas a cliente.

Se puede proporcionar seguridad de registros utilizando contraseña y niveles de acceso al sistema, además de integrar nuestras bases de datos a las de su ERP (SAP, microsoft dynamics, y cualquier otro) para entablar una comunicación bidireccional y agilizar sus procesos administrativos.

En el presente proyecto consiste en diseñar un interfaz gráfico de usuario para el monitoreo y el control de procesos e inventario de silos, que sintetiza el trabajo desarrollado para la empresa líder en cierres de plásticos y sistemas de envasados, permitiendo proporcionar datos que generen alarmas de estados (máximos y mínimos), incorporación de control estadístico para tomas de decisiones gerenciales y de consumo.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Se analiza las peticiones y/o necesidades de la empresa en base a la propuesta de automatización, en donde se pide:

Lectura del software por hora: El software proporciona por hora ¿Cuál es el consumo en los silos que se está generando?, para que el personal de la empresa, que pueda tomar las medidas necesarias para abastecer o retrasar entrega de resina.

Lectura del software por turno y generación de reportes (6:30 a 14:30, 14:30 a 21:30 y 21:30 a 6:30); para términos de producción se requiere este control para que el personal de la empresa pueda evaluar las variantes de consumo en los silos que se tiene en cada turno y poder generar reportes (los turnos antes definidos).

Alerta del inventario mínimo del silo; El software debe avisar o emitir una alarma indicando cual es el inventario para que el personal en la empresa solicite con tiempo la nueva entrega de material, el software genera una ventana emergente que avise al igual que generará un correo electrónico a la persona pertinente. Para silo 1 (78 Ton.), los parámetros son 20 Ton., para tener reserva de 5 días, en lo que se subástese la resina y para alertar que hay necesidad de esta, con el fin de poder solicitar dicho material, para el silo 2 (52 Ton.), el parámetro para producto mínimo es de 10 Ton., con la misma filosofía del silo 1.

Alerta del inventario de lleno de los silos (o estado máximo). El software nos debe avisar cuando el silo este lleno, genera una ventana emergente que comunique el llenado de este, envía un correo a la persona pertinente: Para el silo 1; el parámetro es 60 Ton., para el silo 2; el parámetro es de 40 Ton.

Se requiere que los reportes sean visibles en una base de datos, de preferencia en Excel, software que será proporcionado por la empresa con licencia actualizada.

Alerta de cambio de lote: El software nos debe proporcionar dicha información del cambio del lote por fecha, día y hora, solo será posible si se adiciona una botonera y este proceso será manual.

#### **A. Lectura de software por hora**

En cada uno de los silos se instaló una celda de pesaje basada en una galga extensiométrica, que envía una señal óhmica en base a la deformación que sufre por efecto del peso que soporta, esta se acondiciona al Indicador de peso Esher

serie Legend™ 480/482, indicando el peso de cada uno de los silos en campo, a su vez este elemento convierte la señal a dato, que es capaz de enviar por medio de una tarjeta de red instalada en el instrumento, llegando hasta el Routerboard Mikrotik RB941-2 que a su vez se comunicará con la computadora donde estará instalado el HMI, cabe mencionar que este dispositivo debe ser configurado para la comunicación con el sistema de adquisición de datos Lab-View, estos datos son captados en un registro interno y compartido a su vez con variables locales según sea el caso. Con la variable local aportando datos en tiempo real se escala el dato y posteriormente se grafica para observar el comportamiento de cada uno de los silos con respecto a las líneas de producción, se compara el dato inicial con referente específico de cada hora y se realiza una simple operación de diferencia de cantidad inicial contra la cantidad final en la siguiente hora, posteriormente se registra el dato en una tabla, se guarda en HDD y finalmente si así se requiere se puede imprimir, ver Figura 1.

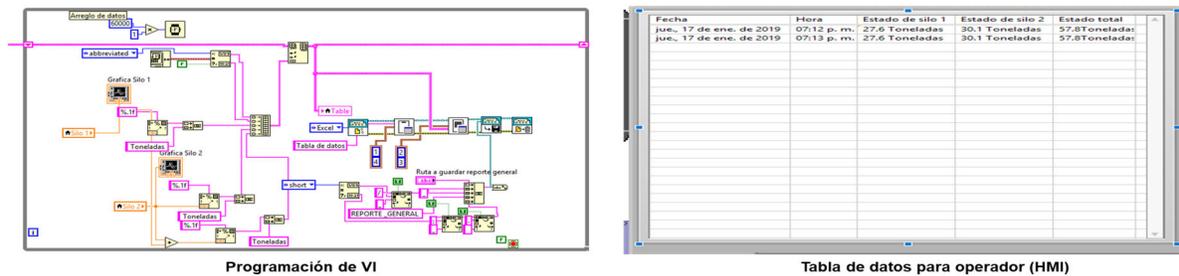


Figura 1.- Lectura de software por hora

**A. Lectura de software por turno y generación de reportes por Turno**

El Subsistema encargado de generar y guardar el reporte, su función es leer los datos escalados anteriormente en el SubVI, y acumular estos datos de inicio de turno guardando en un registro el valor, posteriormente al término del turno se lee el dato de los silos y con una simple operación de resta se obtiene el valor que será mostrado en pantalla, guardar en HDD y/o generar el reporte si así lo requiere el proceso. El subsistema se encarga de leer en la cadena de texto la ruta a la que debe de guardar los datos, esta ruta pertenece a un archivo Excel guardado dentro del computador. La ruta del archivo puede ser cambiada por operador cuando así se decida, ver Figura 2.

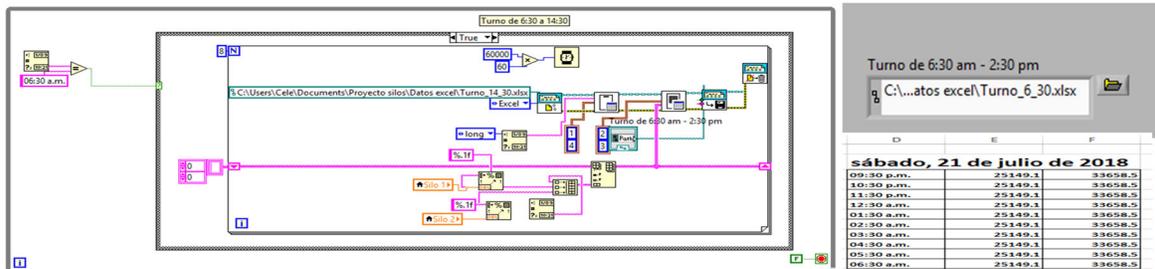


Figura 2.- Lectura de software por turno y generación de reportes por Turno

### B. Alerta de inventario mínimo de silo

Con la información recolectada arriba en el SubVi se colocan límites mínimos y máximos en cada uno de los silos, se comparan contra los datos en tiempo real que envía cada uno de los silos y simplemente se envía una alarma visual y una ventana emergente en la pantalla indicando al operador el que alguno de los silos se encuentra por debajo o por encima del límite permisible en la Interface Hombre Máquina, ver Figura 3.



Figura 3.- Alerta de inventario mínimo de silo.

### C. Respaldo de datos en Excel.

El software se diseñó con una ventana donde se colocan las rutas a las que se desee guardar la información, simplemente los datos recolectados en cada uno de los SubVi's se re-direccionan en base a la ruta de respaldo seleccionada, puede ser un disco duro o una red como lo indica la minuta (Véase Figura 4).

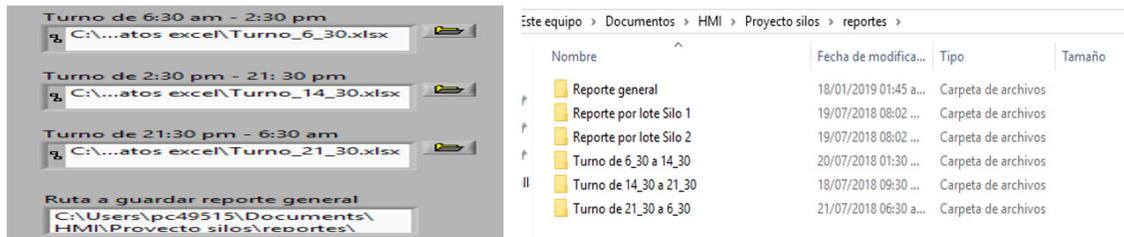


Figura 4.- Respaldo de documentos en Excel

### D. Alerta de cambio de lote.

En la Figura 5 muestra la programación que se encarga de analizar el estado de la botonera, en cuanto el usuario presione, el botón de “Llegada de lote” de alguno de los dos silos iniciará de manera automática a guardar datos del estado de silo en un documento aparte en Excel y, cuando se pulse el botón “Detener ingreso de lote” se detendrá y guardará los datos obtenidos

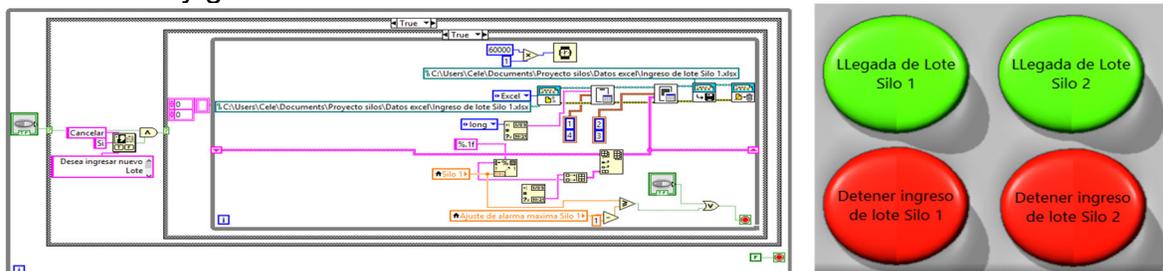


Figura 5.- Botonera de ingreso de lote

## E. Envío de correo electrónico

Los correos electrónicos serán enviados por un Subsistema independiente cuando el sistema este, ya sea en estado mínimo o en estado máximo (Véase Figura 6). El Subsistema cuenta con una ventana donde se pueden modificar las direcciones de correo electrónico si así se desea.

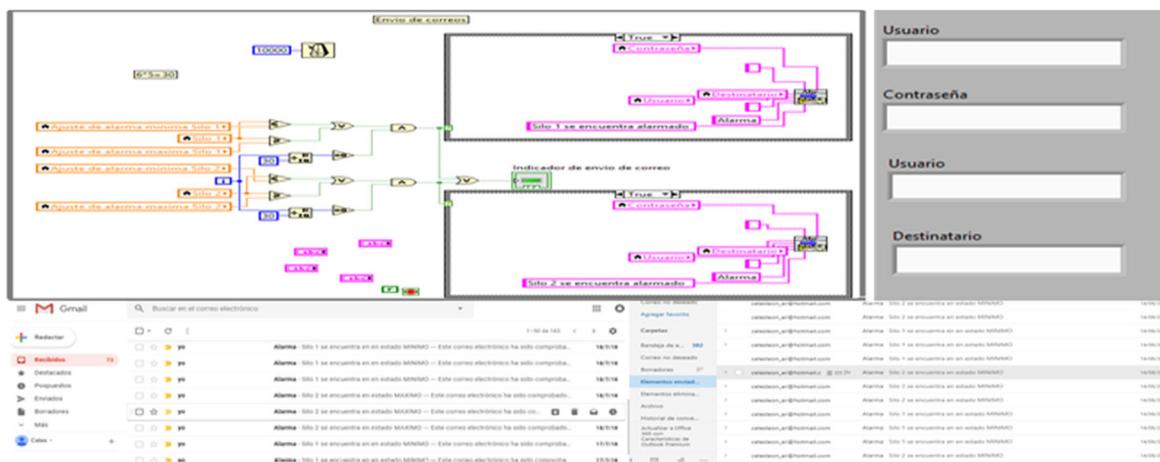


Figura 6.- Envío de correos cuando el sistema está alarmado por inventario mínimo-máximo.

## Resultados y Discusión

Inicialmente se realizó el levantamiento de campo, lo que permitió establecer el funcionamiento puntual del proceso, todos los elementos instalados, las carencias y sobre todo establecer las necesidades apremiantes del cliente y se elaboró una minuta de necesidades como base de proyecto, con esta información recabada se dimensionó el proyecto en dos vertientes técnicas y económicas.

El sistema cuenta con un par de líneas de producción para la fabricación de tapas de vasos, botellas etc. a base de PET, las cuales son alimentadas con materia prima que viene de dos grandes silos uno de 60 toneladas de capacidad y otro más de 80 toneladas, por lo que es de suma importancia tener datos actualizados en tiempo real del producto a suministrar a las líneas.

En ese momento los datos eran recolectados en campo manualmente y registrados en bitácoras, estos datos a su vez son vaciados en bases de datos donde se utilizan normalmente para calcular el consumo de sus silos por turnos (matutino, vespertino y nocturno) para la generación de reportes durante el día, teniendo el inconveniente por desfase en tiempo, cálculo, generación y después interpretación, cabe mencionar que existen indicadores visuales (un foco led), para llevar su control de inventarios máximos y mínimos, alarmas, necesario solicitar el abastecimiento de su resina (materia prima), realmente poco eficiente según lo comentado en reunión

Una vez obtenida dicha interpretación se genera órdenes de trabajo para las diferentes áreas como son compras, mantenimiento, ventas, estadística, control de

calidad, recursos financieros etc., por lo que el tiempo de respuesta para cada una de las áreas es proporcional al desfase de la obtención de la orden de trabajo.

En la Figura 7 muestra el proyecto denominado “Diseño e Integración de Interfaz Gráfica (HMI) basada en Labview para el monitoreo y control de proceso e inventarios de silos”, y como lo muestran las imágenes se diseñó e integró un sistema de adquisición de datos con una HMI (Interface Hombre Máquina), en tiempo real que permite observar los niveles en los silos, teniendo en cuenta los límites permisibles por alto y bajo (máximo y mínimo), con esta información se calculará el consumo por hora, así mismo llevará el registro puntual que permitirá generar los reportes correspondientes los cuales deberán compartirse en base de datos relacional (Excel), estos reportes se generarán por turno, lo que facilita su comprensión y uso.

La visualización de la HMI cuenta con indicadores emergentes que permitan observar el estado del silo, sus gráficas leyendas y mensajes correspondientes para interpretación exacta del sistema, permitiendo mediante claves de usuario, (el software se entregará abierto y se capacitará al administrador para la generación de usuarios y claves, así como de los niveles jerárquicos) para el cambio de parámetros según lo indique el proceso.

El sistema tiene grandes cualidades: es capaz de enviar reportes, consumos, alarmas etc., a los correos electrónicos del personal responsable de cada área, aportando los datos en tiempo real, para tomar las medidas necesarias de abastecimiento en líneas de producción, o atender alarmas o inclusive fallos del proceso.

Por lo antes citado y de común acuerdo con el cliente final, el proyecto fue puesto en marcha no sin antes realizar mediante lista de cotejo las pruebas estáticas, dinámicas y en línea, finalmente aceptado y concluido.



**Figura 7.-** Diseño e Integración de Interfaz Gráfica (HMI) basada en Labview para el monitoreo y control de proceso e inventarios de silos

## Conclusiones

Se diseñó e integró un sistema de adquisición de datos con una HMI (Interface Hombre Máquina), en tiempo real que permite observar los niveles en los silos, teniendo en cuenta los límites permisibles por alto y bajo (máximo y mínimo), con esta información se calcula el consumo por hora, así mismo se lleva el registro puntual que permite generar los reportes correspondientes los cuales comparten en base de datos relacional (Excel), estos reportes se generan por turno, lo que facilita su comprensión y uso.

El sistema es capaz de enviar reportes, consumos, alarmas etc., a los correos electrónicos del personal responsable de cada área, aportando los datos en tiempo real, para tomar las medidas necesarias de abastecimiento en líneas de producción, o atender alarmas o inclusive fallos del proceso.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este trabajo.

## Referencias

1. L. L. González. El diseño de interfaz gráfica de usuario para publicaciones digitales. Revista digital universitaria, 2004.
2. C. G. Cena; R. Saltarén; J. L. Blázquez; R. Aracil. Desarrollo de una interfaz de usuario para el sistema robótico multiagente smart. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, 2010.

3. A. E. Acosta; A. Reyes; & N. Zambrano. Prototipaje de la interfaz de usuario: una experiencia en el dominio de la geología. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 2010.
4. M. Pardo. Desarrollo de un simulador para el estudio de la red eléctrica como canal de comunicación. Universidad, Ciencia y Tecnología. 2006.
5. M. MORA; M. Carmen. "Pautas para el diseño y la evaluación de interfaces de usuario". En: Rovira, Cristòfol; Codina, Lluís; Marcos, Mari Carmen; Palma, María del Valle. Información y documentación digital. Barcelona: IULA; Documenta Universitaria, 2004. [http://www.mcmarcos.com/pdf/2004\\_pautas-iula.pdf](http://www.mcmarcos.com/pdf/2004_pautas-iula.pdf)

# DISEÑO DE SIMULADOR DE EQUIPOS DE DESTILACIÓN FLASH PARA SU USO ACADÉMICO

V. G. Muñoz-Castillejos<sup>1</sup>, A. Palayop-Poisot<sup>1</sup>, E. Sarmiento-Candelaria<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos-Carretera antigua a Minatitlán Km 16.5, Reserva Territorial, 96536 Coatzacoalcos, Ver.  
[veira\\_munoz@outlook.com](mailto:veira_munoz@outlook.com), [albinapoisot22@hotmail.com](mailto:albinapoisot22@hotmail.com), [lalo\\_1012@hotmail.com](mailto:lalo_1012@hotmail.com)

*Área de participación: Investigación docente*

**Resumen:** El presente trabajo presenta la solución de los modelos termodinámicos de Antoine y NRTL para la simulación de las propiedades termodinámicas y su aplicación en el diseño de un simulador académico de columnas de destilación flash, la solución se realizó mediante la programación de las ecuaciones de diseño y la implementación de métodos numéricos para sistemas no lineales, los resultados demuestran que existe un error máximo de 3.04% en los resultados del modelo NRTL y un error máximo de 0.04% en el cálculo del porcentaje de vaporización para el modelo de Antoine.

## Introducción

El crecimiento de la tecnología ha tenido gran impacto en el diseño de plantas y equipos de procesos, el diseño de software facilita la solución de las ecuaciones y métodos numéricos de manera más práctica y con mayor exactitud. En la actualidad existen diferentes simuladores de equipos de proceso de forma comercial, los cuales representan una herramienta fundamental para la comprensión del diseño de equipos de proceso a nivel académico e industrial.

La obtención de las soluciones de los simuladores de procesos, se realiza mediante la selección y solución de los paquetes termodinámicos que cumplan con las características fisicoquímicas de las sustancias que intervienen en el proceso. Los modelos termodinámicos se utilizan para establecer el equilibrio de fases según las características termodinámicas de las sustancias puras y su interacción en mezclas multicomponentes. Los modelos se pueden separar en diferentes familias, como son los modelos por coeficientes de actividad (Wilson, Van Laar, etc.) (Anila, y otros, 2016), las ecuaciones de estado (Peng-Robinson, Redlich-Kwong, Soave-Rellich-Kwong, etc.) y los modelos de presión de vapor como la ecuación de Antoine (Jaubert & Privat, 2010).

Las ecuaciones especializadas en coeficientes de actividad ( $\gamma_i$ ), se basan en los modelos de energía libre de Gibbs. El paquete termodinámico NRTL fue diseñado por H. Renon y J. M. Prausnitz, y se basa en el modelo de composición local de Wilson. Ha sido utilizado para determinación de equilibrio líquido-vapor (L-V) y líquido-líquido (L-L) de sistemas binarios y multicomponentes. Se han reportado aplicaciones en solventes polares y no polares para mezclas binarias y multicomponente (Vetere, 2004).

Las ecuaciones más utilizadas para los sistemas ideales, son las aproximaciones de presión de vapor de Antoine en conjunto la ley de Raoult, se han utilizado para predecir el equilibrio líquido-vapor para sistemas binarios y multicomponentes.

El presente trabajo, muestra el uso de la ecuación de coeficientes de actividad NRTL y la ecuación general de Antoine, para predecir las propiedades termodinámicas de mezclas multicomponentes, y su uso en el desarrollo de un simulador de procesos para el diseño de equipos de separación tipo flash para su uso académico.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Los equipos de transferencia de masa se basan en los balances de materia y energía en etapas de equilibrio para el cálculo de los coeficientes de equilibrio liquido vapor ( $K_i$ ), y volatilidades ( $\alpha_i$ ).

Las columnas de destilación flash son equipos que realizan la separación de mezclas parcialmente vaporizadas, de forma isotérmica y no isotérmica. La vaporización de la mezcla depende de las condiciones de temperatura, presión y composición. La integración energética se realiza de forma externa o interna según las necesidades de la operación (Seader, Henley, & Roper, 2010).

La simulación del proceso de flash isotérmico se realiza mediante el cálculo de los valores de  $K_i$  (Ec-1) y la solución del modelo de Rachford–Rice (Ec-2) la cual es dependientes de la composición ( $z_i$ ), para el cálculo de la fracción vaporizada ( $\varphi$ ) (Figura 1) (Li, T. Johns, & Ahmadi, 2012).

$$K_i = \frac{P_{sat}}{P} \tag{Ec-1}$$

$$f(\varphi) = \sum_{i=1}^C \frac{z_i(1-K_i)}{1+\varphi(K_i-1)} = 0 \tag{Ec-2}$$

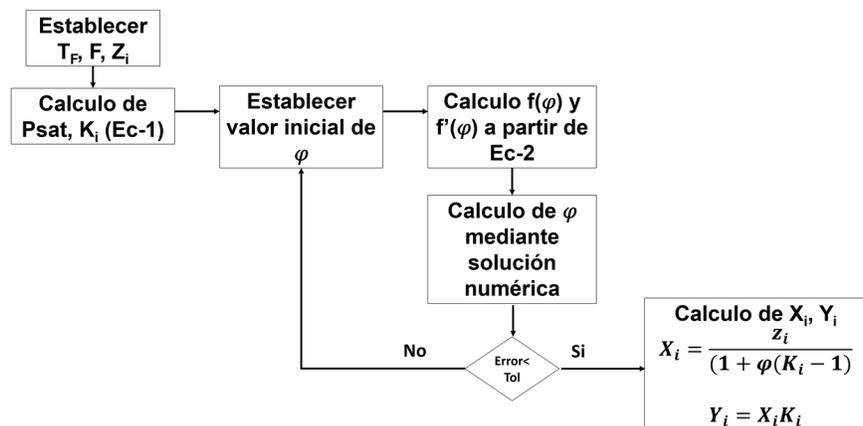


Figura 1. Algoritmo para el cálculo de la fracción de vapor del flash isotérmico.

Para el cálculo de las propiedades del equilibrio liquido-vapor, es necesario obtener las soluciones a las ecuaciones termodinámicas de los componentes presentes en las mezclas. El paquete termodinámico Antoine, permite conocer las condiciones del equilibrio forma ideal, sin embargo, es necesario realizar cálculo de los

coeficientes de actividad para ajustar los valores de  $K_i$ . Para los casos de sistemas multicomponentes el modelo NRTL está conformado por la ecuación:

$$\ln \gamma = \frac{\sum_{j=1}^c \tau_{ij} G_{ij} x_j}{\sum_{k=1}^c G_{ki} x_k} + \sum_{j=1}^c \left[ \frac{x_j G_{ij}}{\sum_{k=1}^c G_{kj} x_k} \left( \tau_{ij} - \frac{\sum_{k=1}^c x_k \tau_{kj} G_{kj}}{\sum_{k=1}^c G_{kj} x_k} \right) \right] \quad \text{Ec-3}$$

Reduciendo la energía libre de Gibbs ( $G_{ij}$ ) y utilizando los valores de interacción binaria ( $a_{ij}$ ):

$$\tau_{ij} = \frac{a_{ij}}{RT} \quad \text{Ec-4}$$

$$G_{ij} = \exp(-\alpha \tau_{ij}) \quad \text{Ec-5}$$

Donde la T es la temperatura de operación y R es la constante de los gases ideales.

La solución al modelo NRTL se emplea en el ajuste de la ecuación de Raoult para el ajuste del valor de  $K_i$  (Ec-6) (Dadmohammadi, Gebreyohannes, J. Neely, & A.M. Gasem, 2016).

$$K_i = \frac{\gamma_i P_{sat} x_i}{P} \quad \text{Ec-6}$$

Donde la presión de saturación se obtiene mediante la ecuación de Antoine:

$$\ln(P_{sat}) = A + \frac{B}{C+T} + D \ln(T) + ET^F \quad \text{Ec-7}$$

Los valores de las constantes de Antoine (Tabla 1) y los coeficientes binarios son seleccionados de la base de datos del software Hysys, para el modelo de Antoine se analizará un sistema multicomponente de compuestos no polares, ya que se ha demostrado que los compuestos de hidrocarburos saturados presentan mejor ajuste a los modelos de estado (Floter, W. de Loos, & de Swaan Arons, 1998).

Los componentes polares se simularán por el paquete termodinámico NRTL, esto debido a la posibilidad de formación de puentes de hidrógeno en comparación de los hidrocarburos saturados que no presentan fuertes interacciones entre ellos, por esta razón esto es necesario la inclusión de coeficientes binarios del modelo (Tabla 2).

**Tabla 1.** Coeficientes de Antoine para los compuestos seleccionados.

Componente	Formula	A	B	C	D	E	F
Metanol	CH <sub>4</sub> O	59.8373	-6282.89	0	-6.37873	4.62E-06	2
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	86.486	-7931.1	0	-10.2498	6.39E-06	2
2-Propanol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	83.637	-8249.01	0	-9.54518	2.00E-06	2
1-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	108.826	-10069.5	0	-13.2566	4.38E-06	2
Metano	CH <sub>4</sub>	31.35	-1307.52	0	-3.26134	2.94E-05	2
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	44.0103	-2568.82	0	-4.97635	1.46E-05	2
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	52.3785	-3490.55	0	-6.10875	1.12E-05	2
i-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.7845	-4136.68	0	-7.01666	1.04E-05	2

**Tabla 2.** Coeficientes binarios para los componentes polares seleccionados para el modelo NRTL.

Componente	Parámetros de interacción binaria (a <sub>ij</sub> )				α <sub>ij</sub>			
	Metanol	Etanol	2-Propanol	1-Butanol	Metanol	Etanol	2-Propanol	1-Butanol
Metanol	0	145.875	-250.996	-486.329	0.000	0.303	0.305	0.248
Etanol	-157.317	0	-122.621	-32.941	0.303	0.000	0.304	0.304
2-Propanol	219.561	120.363	0	-882.163	0.305	0.304	0.000	0.288
1-Butanol	793.817	38.0722	1466.213	0	0.248	0.304	0.288	0.000

Para el desarrollo del simulador de procesos se realizará la solución de los paquetes termodinámicos Antoine y NRTL, mediante la programación de las ecuaciones y métodos numéricos en el ambiente de lenguaje C. Para comprobar las soluciones de las ecuaciones, se realizará la comparación de los modelos y balances de los equipos de destilación flash con los resultados obtenidos del software comercial HYSYS. Además, se presentarán la creación de la interfaz del software desarrollado, la cual podrá ser implementada en uso académico, para esto es necesario establecer las ecuaciones de balances de materia que se ajusten a los resultados de la simulación de las ecuaciones termodinámicas.

## Resultados y Discusión

Para la solución de los modelos termodinámicos aplicados a la simulación de la columna de destilación flash, es necesario la solución de las ecuaciones no lineales mediante la aplicación de metodologías numéricas por el método de Newton-Raphson, estableciendo la tolerancia de 0.01% mediante la ecuación 8.

$$error = \frac{|n_{real} - n_{calculado}|}{n_{real}} 100\% \quad \text{Ec-8}$$

La solución de las ecuaciones del método Rachford–Rice y la ecuación de coeficientes de actividad NRTL para el cálculo de la constante  $K_i$ , para sistema polares, presenta un aumento en el porcentaje de error al disminuir la temperatura del proceso, esto se debe principalmente a las interacciones liquido-vapor por la disminución de vaporización y el uso de la ecuación de presión de vapor (Tabla 3).

Los resultados de modelo de Antoine para mezclas de hidrocarburos saturados, demuestran un error promedio de 0.033%, cabe resaltar que los modelos como Antoine se basan en el análisis de las presiones de vapor, sin tomar en cuenta las posibles interacciones entre componentes (Tabla 4).

**Tabla 3.** Resultados del modelo NRTL del sistema de destilación flash.

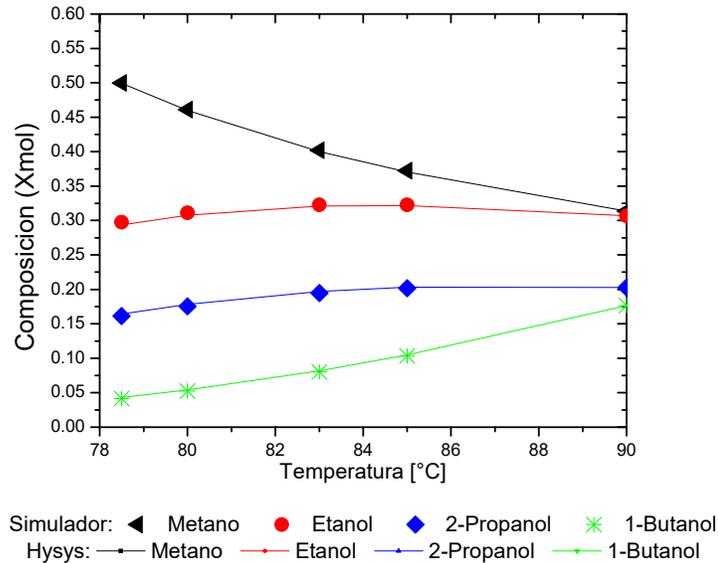
Temperatura (°C)	Vaporización ( $\varphi$ )	Error (%)
83	0.5028	3.04
85	0.6446	2.02
87	0.7663	1.219
90	0.9296	0.152
91.2	0.9925	0.236

**Tabla 4.** Resultados del modelo Antoine del sistema de destilación flash.

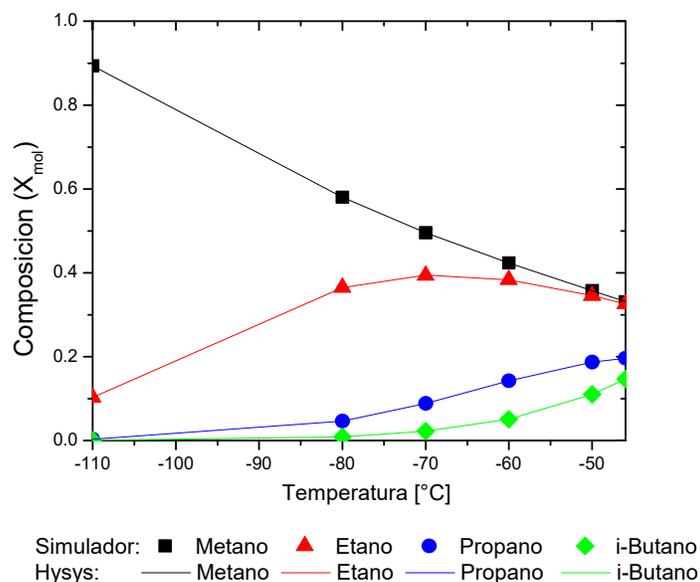
Temperatura (°C)	Vaporización ( $\varphi$ )	Error (%)
-110	0.296345	0.0223
-80	0.506843	0.0349
-70	0.599397	0.0104
-50	0.838263	0.0421

La solución del modelo NRTL para el sistema multicomponente refleja una correspondencia a los datos calculados con el software Hysys, por lo que permite observar que no existen variaciones significativas entre las gráficas (Figura 2), esta semejanza se debe principalmente a la convergencia de los métodos numéricos programados para la solución de las ecuaciones no lineales.

La figura 3 muestra la variación de la composición de la fase vapor de la mezcla multicomponente calculada mediante la ecuación de Antoine con diferentes temperaturas de operación, donde se puede observar que los resultados obtenidos de los cálculos del simulador y la simulación en Hysys no presentan diferencias significativas con valor máximo de error del 0.77% entre los datos.



**Figura 2.** Perfil de composiciones de la fase vapor resultante de la simulación del modelo NRTL.



**Figura 3.** Perfil de composiciones de la fase vapor resultante de la simulación del modelo Antoine.

Para la facilidad del uso del simulador, se realizó la creación de una interfaz, que permita al usuario ingresar las características termodinámicas necesarias para realizar la solución numérica a los modelos propuestos, esta ventana emergente permite la selección de los números de componentes de una base de datos de compuestos de hidrocarburos (Figura 4).

Condiciones de alimentación

Temperatura [°C]

Presion [kPa]

Flujo [Kmol/hr]

Composición

N° de componentes

Componentes	Composicion
1 Metano	0.3000
2 Etano	0.3000
3 Propano	0.2000
4 i-Butano	0.2000

Total= 1

**Figura 4.** Interfaz de las propiedades de la alimentación de columnas de destilación flash.

Para la asegurar la correcta convergencia del método de solución numérica, la ventana de alimentación realiza la comprobación de las composiciones ingresadas por el usuario, si existe la diferencia entre la sumatoria de las composiciones a 1, se muestra una ventada de error la cual no permitirá activar el botón de “Cerrar”.

La interfaz principal muestra las condiciones de la mezcla multicomponente ingresadas en la ventana de alimentación y los resultados de los cálculos realizados, especificando los componentes seleccionados, y los balances de materia que se presentan en el equipo de proceso y las composiciones en las fases generadas (Figura 5).

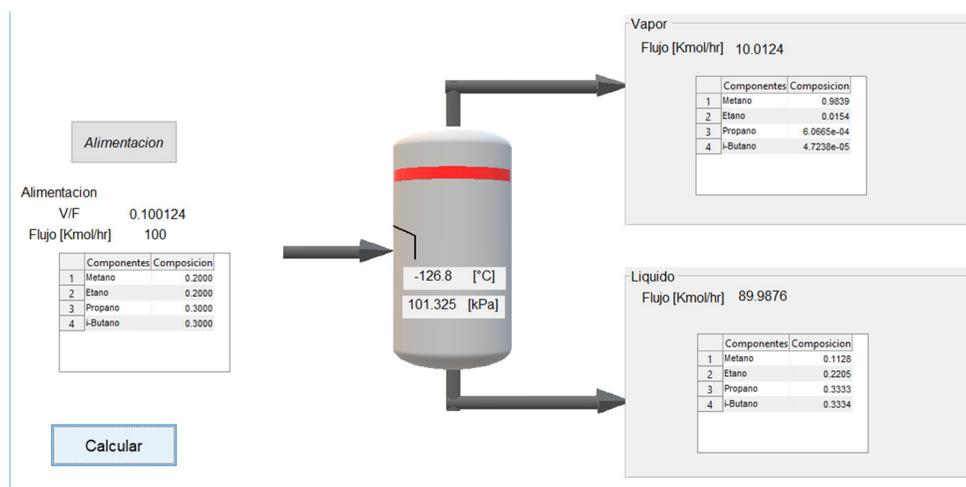


Figura 5. Interfaz del simulador de columnas de destilación flash.

## Conclusiones

El presente trabajo, presenta las soluciones a los paquetes termodinámicos utilizados en softwares de simulación de procesos y diseño de equipos, dichos modelos matemáticos se resuelven mediante la implementación de métodos numéricos que permiten establecer valores de error mínimos. Se demostró que existe una concordancia entre los resultados obtenidos por el simulador de procesos diseñado y las simulaciones realizadas en el software especializado Hysys.

Los porcentajes de error calculados no exceden el 3.04% para el modelo NRTL y un 0.0421% en el modelo Antoine, sin embargo, existe la necesidad de ajustar el modelo programado para generar resultados con menores errores en el diseño principalmente en sistemas a bajas temperaturas donde existe mayor interacción molecular, esto se debe principalmente, que se requiere realizar simulaciones semejantes a los programas especializados.

Cabe resaltar que es necesario establecer los paquetes termodinámicos son aplicables a las mezclas según las características fisicoquímicas y las interacciones que puedan presentarse entre los componentes, por lo que es fundamental establecer las ecuaciones en función de las características físicas y termodinámicas de las mezclas y de la operación unitaria.

## Agradecimientos

Se agradece a la División de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos por las facilidades otorgadas a los desarrolladores del programa.

## Referencias

1. Anila, P., Rayapa Reddy, K., Srinivasa Rao, G., Sai Ram, P., Ramachandran, D., & Rambabu, C. (2016). Activity coefficients and excess Gibbs energy functions of acetophenone with 1,2-dichloroethane and 1,1,2,2-tetrachloroethane binary mixtures by using NRTL, UNIQUAC, UNIFAC and VAN LAAR models at a local atmospheric pressure of 95.3 kPa. *Karbala International Journal of Modern Science*, 211-218.
2. Dadmohammadi, Y., Gebreyohannes, S., J. Neely, B., & A.M. Gasem, K. (2016). Multicomponent phase behavior predictions using QSPR-generalized NRTL and UNIQUAC models. *Fluid Phase Equilibria*, 318-326.
3. Floter, E., W. de Loos, T., & de Swaan Arons, J. (1998). Improved Modeling of the Phase Behavior of Asymmetric Hydrocarbon Mixtures with the Peng-Robinson Equation of State Using a Different Temperature Dependency of the Parameter  $a$ . *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1651-1662.
4. Jaubert, J.-N., & Privat, R. (2010). Relationship between the binary interaction parameters ( $k_{ij}$ ) of the Peng–Robinson and those of the Soave–Redlich–Kwong equations of state: Application to the definition of the PR2SRK model. *Fluid Phase Equilibria*, 26-37.
5. Li, Y., T. Johns, R., & Ahmadi, K. (2012). A rapid and robust alternative to Rachford–Rice in flash calculations. *Fluid Phase Equilibria*, 85-97.
6. Seader, J., Henley, E., & Roper, D. (2010). *Separation process principles : chemical and biochemical operations*. New York, E.U.A.: JohnWiley & Sons, Inc.
7. Vetere, A. (2004). The NRTL equation as a predictive tool for vapor–liquid equilibria. *Fluid Phase Equilibria*, 33-39.

# SIMULADOR DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

**C.J. Sampayo-Rodriguez<sup>1</sup>, L. Gonzalez-Muñoz<sup>2</sup>, G. Garrido-Gonzalez<sup>1</sup>, A. Hernández-Luna<sup>2</sup>, J.F. Hernández Sánchez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No. 80, Col. 5 de Octubre, Huauchinango Puebla, México-  
[cjean\\_80@hotmail.com](mailto:cjean_80@hotmail.com), [ggg2404@hotmail.com](mailto:ggg2404@hotmail.com),*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango-  
[josly294@hotmail.com](mailto:josly294@hotmail.com), [hl.aldo22@gmail.com](mailto:hl.aldo22@gmail.com), [elec\\_inte@hotmail.com](mailto:elec_inte@hotmail.com)*

*Área de participación: Investigación Docente (CB)*

**Resumen:** El presente documento muestra el desarrollo de un simulador didáctico para el análisis de motores de corriente directa que tiene la intención de servir como herramienta de aprendizaje dentro del aula, contiene una interfaz gráfica de usuario diseñada en Matlab que permite cargar los valores iniciales y ejecutar el modelo matemático por bloques diseñado en Simulink que muestra las gráficas de comportamiento de diferentes tipos de motores de corriente directa. La motivación de éste trabajo está basada en las limitaciones físicas que se tienen dentro del laboratorio para realizar prácticas en cursos de motores.

## Introducción

Se entiende como recurso didáctico cualquier material elaborado con la intención de facilitar al docente su función y a su vez la del alumno (Díaz, 2012).

Se han utilizado aplicaciones para facilitar la comprensión de comportamientos de diferentes sistemas en diversas áreas de la ingeniería, formando un puente entre los conceptos teóricos y los comportamientos reales del proceso que sirven como herramientas de enseñanza de gran ayuda (Francés, et al., 2014).

Existen trabajos realizados que establecen que con el desarrollo de una interfaz gráfica en Matlab se ayuda al alumno en la configuración de la experiencia sin tener conocimientos avanzados de programación (Alvarado, 2012).

Matlab (Matrix Laboratory, "laboratorio de matrices"). Éste software está formado por un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Entre sus aplicaciones se hallan: el cálculo matemático de matrices, manipulación y configuración de datos y funciones, el desarrollo de algoritmos, la realización de interfaces de usuario (GUI's), un entorno de programación visual (Simulink) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. Está disponible para los sistemas operativos Windows, Unix y Apple Mac. Matlab dispone de dos aplicaciones adicionales que amplían sus propiedades, que son: Simulink (plataforma de simulación) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). GUI es un entorno de trabajo para la programación visual que nos proporciona Matlab para elaborar y ejecutar programas que necesiten ingreso continuo de datos.

Simulink es un entorno de programación visual que funciona sobre el entorno de programación Matlab, de un alto nivel de programación con lenguaje interpretado por Matlab (archivos con extensión .m). Simulink genera archivos con extensión .mdl (de "model"), proporciona un entorno gráfico interactivo y un conjunto de librerías de bloques personalizables que permiten diseñar, simular, implementar y probar

una gran variedad de sistemas con variación temporal, entre los que se incluyen sistemas de comunicaciones, control, procesado de señales, vídeo e imagen.

Una máquina eléctrica es un dispositivo que realiza una transformación de la energía eléctrica para su posterior utilización, siempre y cuando medie en un campo magnético en dicha transformación (Molina, 2014).

Motores: máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas y se compone de un rotor, estator, eje y un conmutador.

Actualmente no existe software que permita realizar un análisis del comportamiento del motor de corriente directa, existen algunos pero se tiene que crear el entorno apropiado para que funcionen. Lo que se busca con éste simulador didáctico es crear ese entorno simulado en donde el alumno pueda realizar un análisis del detalle de ciertas situaciones que se le puedan presentar en la vida real y visualizar su comportamiento en condiciones distintas a las ideales para que pueda dar soluciones al problema que se le presenta en condiciones anómalas, siendo una aplicación didáctica definida para el análisis de motores de corriente directa.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

### Análisis del Modelo del motor DC

En la Figura 1. Esquema eléctrico mecánico de un motor de DC, se muestran las variables de la parte eléctrica y mecánica del motor de corriente directa.

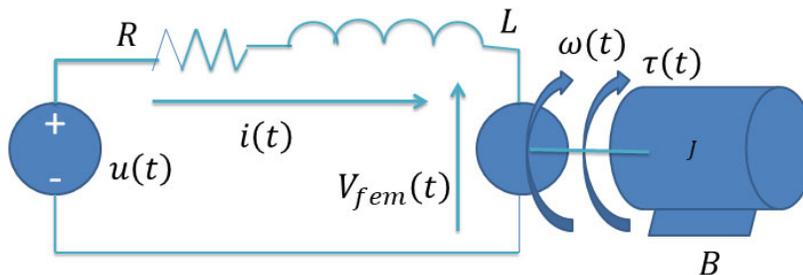


Figura 1. Esquema eléctrico mecánico de un motor de DC.

A continuación se presentan las ecuaciones significativas para el modelado de un motor de corriente directa. De acuerdo al análisis de la parte eléctrica se puede observar que por la ley de voltajes de Kirchhoff el voltaje que entra es igual a la resistencia por la corriente que pasa por ella más un voltaje en la bobina más un voltaje igual a la tensión de la fuente de excitación.

$$u(t) = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + V_{fem}(t)$$

$$L \frac{di(t)}{dt} = u(t) - R i(t) - V_{fem}(t)$$

De acuerdo al análisis de la parte mecánica la suma de fuerzas que hacen girar el

rotor respecto al eje simétrico, es igual a la suma de momentos que se oponen al movimiento del mismo. Donde  $T_i$  es el Par de fricción, o par inicial se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\tau(t) = B\omega(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt} + T_i$$

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} = \tau(t) - B\omega(t) - T_i$$

Para vincular directamente la parte mecánica del sistema con la parte eléctrica del mismo se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\tau(t) = K_t i(t)$$

$$V_{fem}(t) = K_G \omega(t)$$

Donde se tienen las variables principales:

$R$ : Resistencia óhmica de los embobinados del rotor.

$L$ : Inductancia de los embobinados del rotor.

$J$ : Momento de inercia del rotor.

$B$ : Coeficiente de fricción viscosa entre el rotor y el estator.

Variables que dependen del tiempo:

$u(t)$ : Fuente de excitación del sistema.

$\omega(t)$ : Velocidad angular del rotor.

$\tau(t)$ : Par del rotor o torque.

$i(t)$ : Corriente del sistema.

$V_{fem}(t)$ : Tensión eléctrica inducida.

Constantes:

$R$ : Resistencia óhmica de los embobinados del rotor.

$L$ : Inductancia de los embobinados del rotor.

$J$ : Momento de inercia del rotor.

$B$ : Coeficiente de fricción viscosa entre el rotor y el estator.

$K_t$ : Constante mecánica, considerando un flujo magnético constante.

$K_G$ : Constante eléctrica, considerando un flujo magnético constante.

$T_i$ : Par de fricción, o par inicial.

### Diseño de la interfaz

Se presenta el análisis, diseño y construcción de un simulador didáctico, que representa gráficamente el comportamiento de un motor de corriente directa. Esta interfaz se presenta por medio de un formulario de Matlab que permite a los usuarios hacer la variación de los parámetros del modelo, permitiendo un análisis entre los conceptos teóricos y el comportamiento real de los diferentes tipos de motores de corriente directa.

El sistema contiene una base de datos de los diferentes modelos de corriente directa diseñados en Simulink: en serie, en paralelo y en excitación separada. En la Figura

2. Menú de opciones de la pantalla principal, se presenta el diseño de la pantalla principal que contiene un menú de las diferentes opciones: definiciones eléctricas, simulación de Motor DC básico, Simulación Motor DC en serie y Simulación Motor DC en excitación separada, Ayuda y Salir.

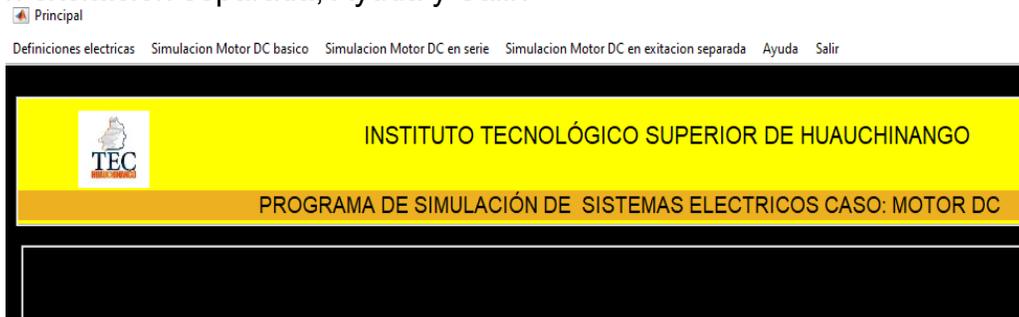


Figura 2. Menú de opciones de la pantalla principal.

El sistema permite introducir los valores de las variable y constantes desde una interfaz gráfica de usuario. En la Figura 3. Pantalla para cargar valores a las variables, se presenta el diseño de la pantalla para cargar los valores de las variables del modelo matemático del motor básico de corriente directa.

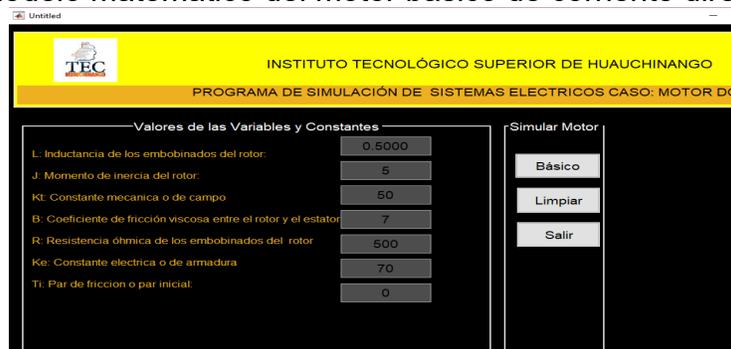
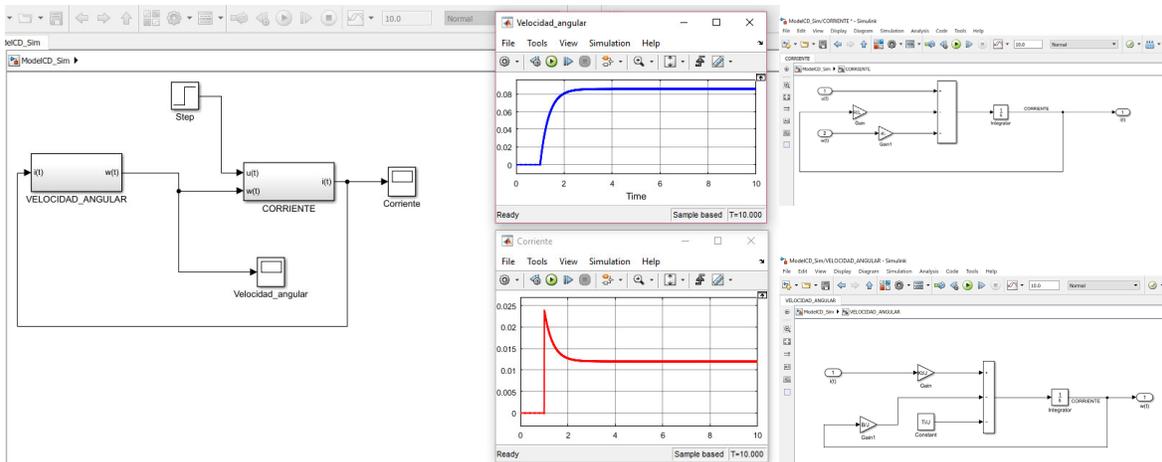


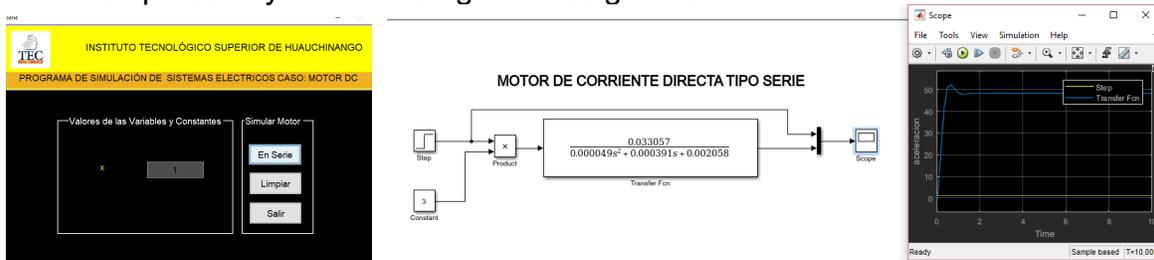
Figura 3. Pantalla para cargar valores a las variables.

El sistema permite ejecutar desde la interfaz gráfica de usuario el modelo de Simulink con los valores de las variables y constantes introducidas previamente por el usuario en las cajas de edición de la interfaz que modifica los datos de los bloques correspondientes del modelo y muestra la simulación del comportamiento de la corriente y velocidad angular. En la Figura 4. Pantalla de la simulación en Simulink del modelo básico de corriente directa, se presenta la simulación del modelo matemático del motor básico de corriente directa donde se observa el comportamiento de la corriente y la velocidad angular cuando el motor arranca. Al aplicar un voltaje éste tiene una corriente máxima que genera un pico y luego baja estabilizándose en un cierto punto y al aplicar un voltaje la velocidad angular tiende a crecer hasta que alcanza su velocidad nominal y se estabiliza en cierto punto.



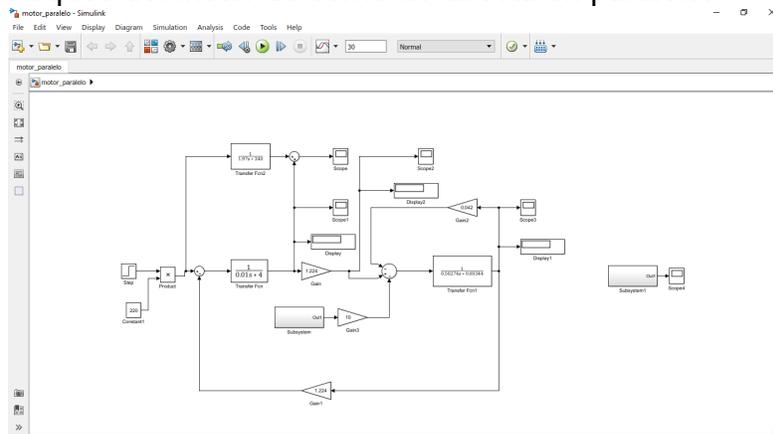
**Figura 4.** Pantalla de la simulación en Simulink del modelo básico de corriente directa.

En la Figura 5. Pantalla de la simulación en Simulink del modelo de corriente directa tipo serie, se muestra la interfaz que permite ejecutar el modelo del motor de corriente tipo serie y muestra su gráfica de generación.



**Figura 5.** Pantalla de la simulación en Simulink del modelo de corriente directa tipo serie.

En la Figura 6. Modelo de bloques motor de corriente directa en paralelo, se muestra el modelo de bloques del motor de corriente directa en paralelo.



**Figura 6.** Modelo de bloques motor de corriente directa en paralelo.

En la Figura 7. Interfaz y modelo de bloques y simulación del motor DC en excitación separada, se muestra la interfaz y modelo de bloques del motor de corriente directa en excitación separada.

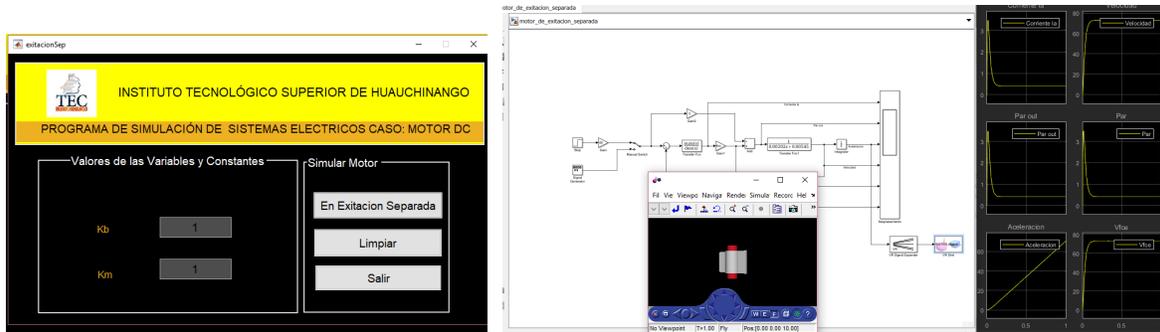


Figura 7. Interfaz y modelo de bloques y simulación del motor DC en excitación separada.

El sistema permite realizar el cálculo a partir de formulas de las variables eléctricas de motores de corriente directa de manera independiente. Tales como: fuerza contra electromotriz, velocidad angular, par motor, potencia y la intensidad del inducido. En la Figura 8. Interfaces para definiciones eléctricas, se muestran las interfaces para realizar los cálculos de las definiciones eléctricas del motor de corriente directa.



Figura 8. Interfaces para definiciones eléctricas.

El sistema permite desde la interfaz cerrar el modelo de bloques y gráficas de Simulink.

### Resultados y Discusión

Se describió el proceso para el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario diseñada e implementada en Matlab y Simulink. Donde el usuario puede simular tres tipos de modelos matemáticos de motores de corriente directa: en serie, en paralelo, en excitación separada. El simulador permite al usuario cargar los valores iniciales de las variables y ejecutar los modelos desde la interfaz las veces que lo requiera y actualiza las gráficas de comportamiento. Contiene una interfaz que permite realizar el cálculo de manera independiente de las definiciones eléctricas:

fuerza contra electromotriz, velocidad angular, par motor, potencia e intensidad del inducido.

Se tiene un simulador didáctico de motores de corriente directa que sirve como herramienta de apoyo en el aula y permite a los estudiantes un mejor aprendizaje e interpretar el comportamiento del motor de corriente directa al cambio de los valores en las variables.

### Conclusiones

Se ha mostrado el proceso de implementación de una GUI en MATLAB, que permite realizar la simulación de modelos de bloques de Simulink y cargar los valores de las variables iniciales para la ejecución de la simulación de motores de corriente directa. El objetivo principal de ésta aplicación fue poder proporcionar al estudiante de ingeniería la posibilidad de estudiar desde un punto de vista virtual el comportamiento de motores de corriente directa, generando una herramienta de apoyo en su proceso de aprendizaje más amigable y fácil de usar.

### Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por las horas designadas para el desarrollo del proyecto y a la carrera de Ingeniería Eléctrica por el uso en los laboratorios.

### Referencias

1. Alvarado, M. S. A. (2012). Modelo matemático de un motor de corriente continuo separadamente excitado: Control de velocidad por corriente de armadura. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol, 6*(1), 155.
2. Bhag S Guru, Hüseyin R, Hiziroglu. (2002). Máquinas eléctricas y transformadores. México DF: Oxford university Press.
3. Cathey, J. J. (2002). Máquinas eléctricas, Análisis y diseño aplicado Matlab. México, D. F: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
4. Díaz, Ó. O. R., Valderrama, E. L. T., & Ramírez, D. A. G. (2012). Simulación del péndulo invertido rotacional usando Easy Java Simulations y Matlab. *Revista Tecno Lógicas*, (28), 15-32.
5. Francés, J., Bleda, S., Otero Calviño, B., Calzado Estepa, E. M., Ruiz, G., de Dios, J., & Yebra Calleja, M. S. (2014). Laboratorio virtual basado en MATLAB para la docencia de Acústica en el Grado de Telecomunicación.
6. Galán Morales, S. (2011, 12 07). Interfaz Gráfica para la simulación de modelos dinámicos. Universidad Carlos III de Madrid. Madrid: Repositorio Institucional de la universidad Carlos III de Madrid.2016
7. García, E. (2016). Simuladores en el área de electricidad (Potencia, Control y Comunicaciones). Academia, Recuperado de [http://www.academia.edu/23975481/Simuladores\\_en\\_el\\_%C3%A1rea\\_de\\_la\\_electricidad\\_Potencia\\_Control\\_y\\_Comunicaciones](http://www.academia.edu/23975481/Simuladores_en_el_%C3%A1rea_de_la_electricidad_Potencia_Control_y_Comunicaciones)

8. Izquierdo, MF. (1998). Programa didáctico de simulación de transformadores (Tesis de licenciatura). Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador. Consultado en <http://www.bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6195/1/t1389>
9. López Bracho R.; Buitrón de La Torre M.; Almeida Calderón E.; 2010, “Aprendizaje y Material Didáctico en Línea”, Mesa 1, XI Congreso Internacional y XIV Nacional de Material Didáctico Innovador: Nuevas Tecnologías Educativas”, pp. 35
10. Molina, J. M. (2014). *Motores y máquinas eléctricas. Fundamentos de electrotecnia para Ingenieros*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.

## ASOCIACIÓN DE LOS POLIMORFISMOS -108CT, L55M Y Q192R DEL GEN PARAOXONASA 1 (*PON1*) CON TUMORES CEREBRALES TIPO GLIOMA EN PACIENTES DE YUCATÁN

L.J. González-Herrera<sup>1</sup>, P.A. Gamas-Trujillo<sup>1</sup>, G.J. Pérez-Mendoza<sup>1</sup>, G. Medina-Escobedo<sup>2</sup>, T. Canto-Cetina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Genética, Centro de investigaciones Regionales, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México- [lizabeth.gonzalez@correo.uady.mx](mailto:lizabeth.gonzalez@correo.uady.mx),

[pablo.gamas@correo.uady.mx](mailto:pablo.gamas@correo.uady.mx), [thelma.canto@correo.uady.mx](mailto:thelma.canto@correo.uady.mx), [gerardo.perez@correo.uady.mx](mailto:gerardo.perez@correo.uady.mx)

<sup>2</sup>Departamento de Patología, Unidad Médica de alta especialidad del Hospital Regional "Dr. Ignacio García Téllez" del Instituto Mexicano del Seguro Social, Mérida, Yucatán, [México-  
medinagilberto@outlook.com](mailto:medinagilberto@outlook.com)

**Área de participación:** Investigación docente (CB)

**Resumen:** La actividad de *PON1* debido a polimorfismos pueden modular el riesgo a gliomas, sugiriendo que *PON1* está involucrada en la tumorigénesis del cerebro. Evaluar la asociación de la variabilidad del gen de la paroxonasa 1 (*PON1*) en la región promotora -108CT y en la región codificante L55M y Q192R con el riesgo para desarrollar tumores cerebrales tipo glioma en pacientes de Yucatán. Se incluyeron 74 pacientes con glioma y 58 controles. Se identificaron 3 polimorfismos del gen *PON1*: -108CT, Q192R y L55M, mediante PCR en tiempo real por discriminación alélica con sondas Taqman. Se determinaron las frecuencias alélicas, genotípicas y haplotípicas, para evaluar asociación mediante regresión logística utilizando STATA 10.2 y SNPstats. Se encontró diferencia significativa para el polimorfismo -108CT del gen *PON1* en el genotipo CT ( $p=0.0034$ ), sugiriendo asociación con el riesgo a glioma. La distribución de los genotipos en el polimorfismo -108CT del gen *PON1*, estratificados de acuerdo al tipo de tumor demostro diferencia significativa para Ependimoma ( $p= 0.016$ ); sugiere, que los sujetos con genotipos heterocigotos y mutados presentan mayor riesgo para desarrollar tumor de cerebro de tipo Ependimoma. Se demostró la implicación del polimorfismo -108CT de la región promotora del gen *PON1* en la ocurrencia de tumores cerebrales tipo glioma.

### Introducción

Los gliomas son tumores de origen glial o neuroepitelial. La mayoría de los gliomas provienen de una línea astrocítica y del 5 al 20% de ellos se originan de una línea oligodendroglioma. Con este término se agrupan los astrocitomas, los oligodendrogliomas y los ependimomas. Los gliomas son los tumores primarios más frecuentes del sistema nervioso, que afectan a niños y adultos. La incidencia poblacional estimada de los gliomas malignos a nivel mundial es de aproximadamente 4 casos por 100.000 habitantes/año.<sup>1</sup> En México poco se sabe sobre la epidemiología de los tumores del sistema nervioso, ya que los datos publicados a la fecha sobre los diversos tipos de gliomas rara vez mencionan el grado de malignidad de los mismos.<sup>2,3</sup> Los gliomas, que representan el 71% de los tumores intracraneales de los pacientes menores de 9 años, suponen el grupo de tumores sólidos con más prevalencia en este grupo de edad. Los oligodendrogliomas suelen ser tumores mixtos formados por astrocitoma y oligodendroglioma; los tumores mixtos presentan mejor pronóstico que el astrocitoma. La localización más frecuente de este tumor es en los lóbulos frontales y temporales. En una tercera parte de los oligodendrogliomas se produce degeneración maligna, provocada por la mayor celularidad y por mitosis abundantes y anormales, más la proliferación endotelial. A este tipo de tumor se le denomina oligodendroblastoma. De igual manera los meningiomas representan el 36.7% de

los tumores cerebrales.<sup>4</sup> Por otro lado, estudios previos sugieren que los tumores de cerebro en niños pueden estar asociados con la exposición a pesticidas.<sup>5</sup> La enzima más importante responsable de la detoxificación de los pesticidas de tipo organofosforados (OFs) es la Paraoxonasa 1 (PON1). PON1 hidroliza los oxones o intermediarios activados de los OFs; los oxones se encuentran en pesticidas comunes como clorpirifos y diazinon que son OFs importantes en la agricultura y que en un tiempo fueron los insecticidas más comunes usados en casa y en el campo.<sup>6</sup> En el gen *PON1* se han encontrado varios polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs), que afectan directamente el metabolismo de OFs, confiriendo menor actividad enzimática modificando su expresión.<sup>7</sup> En el polimorfismo -108CT localizado en la región promotora del gen *PON1*, se ha observado disminución de los niveles de PON1 debido a la exposición a OFs durante el embarazo, relacionándose con la disminución en la síntesis de ADN y proliferación celular en el feto, provocando cambios en la proliferación sináptica y deterioro del arco reflejo. Estudios recientes sugieren que la presencia de tumores cerebrales en niños está asociada con la exposición a compuesto OFs en la etapa prenatal o niñez, principalmente en aquellos donde los padres tienen ocupación laboral con el manejo y aplicación de OFs o que radican en zonas donde existe una amplia distribución de estas sustancias.<sup>6</sup> Por otro lado el polimorfismo de la región codificadora L55M se relaciona con diferencias en los niveles de expresión y de la actividad de la enzima PON1.<sup>8,9,10</sup> Ensayos *in vitro* revelaron que el polimorfismo Q192R localizado en la región codificadora presenta dos isoformas la isoenzima 192R hidroliza el paraoxón más rápido que la isoforma 192Q.<sup>11</sup> Otros compuestos de tipo OFs como el diazoxón son hidrolizados con mayor eficiencia al presentarse la isoforma 192Q.<sup>12,13,14</sup> Los polimorfismos en *PON1* podrían contribuir al aumento de riesgo a cánceres asociados con contaminantes y otros químicos ambientales.<sup>15</sup>

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Se incluyeron 74 muestras con tumor cerebral, específicamente del tipo glioma diagnosticado por tomografía axial computarizada (TAC) y examen neurológico, 62 eran muestras de adultos con un rango de edad de 19 a 64 años y media de 41.69; y 12 niños con un rango de edad de 1 a 12 años, y media de 7.18 años. El diagnóstico histopatológico se efectuó de acuerdo a lineamientos de la OMS para clasificación de tumores. De los pacientes que representaron el grupo de casos, se obtuvo muestra de biopsia del tumor archivado en el Departamento de Patología del Hospital Regional del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) "Dr. Ignacio García Téllez". Se obtuvieron datos sobre características demográficas, estilo de vida, e historia familiar de tumores cerebrales a partir de los expedientes electrónicos. El grupo control consistió de 58 muestras de tejido de cerebro, sin tumor cerebral confirmado por TAC, a partir de pacientes adultos con un rango de edad de 21 a 56 años y media de 34.45 años, sometidos a este estudio debido a queja del sistema nervioso referido al cerebro, esto es con alteraciones cerebrales diferentes a tumor, tales como convulsiones o migraña, sin historia familiar previa de tumor cerebral. Se consideró la frecuencia alélica para los polimorfismos -108CT, L55M y Q192R en nuestra población (49.67% alelo C, 50.62 %, alelo T; 92.19%, alelo L, 7.81% alelo M; 34.69% alelo Q, 65.31% alelo R)<sup>16</sup> y que la incidencia de muestras de tumor cerebral para el análisis en el Departamento de Patología del

IMSS es de aproximadamente 10 casos por año, con una prevalencia de 0.00005.<sup>20</sup> Para trabajar con las muestras archivadas (biopsias de tumores de cerebro y tejidos de cerebro sano) en el Departamento de Patología del IMSS se obtuvo la autorización de los comités de bioética de las instituciones participantes. El estudio fue aprobado por el Comité de ética e investigación del CIR "Dr. Hideyo Noguchi y por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Ética del IMSS con número de registro 2009-785-073. A partir de la biopsia de tumor, se extrajo el ADN mediante método específico para tejidos embebidos en parafina usando el estuche comercial QIAmp® DNA FFPE Tissue de la marca QIAGEN. Las muestras de ADN obtenidas se cuantificaron para determinar el grado de pureza mediante el equipo NanoDrop UV-Vis 2000/2000c spectrophotometer de la marca AccesoLab.<sup>21</sup> Se identificaron tres polimorfismos del gen *PON1*: el -108CT en la región promotora y dos de la región codificante Q192R y L55M. Estos polimorfismos de un solo nucleótido se identificaron mediante ensayos de amplificación por PCR en tiempo real por discriminación alélica con sondas de detección tipo Taqman de acuerdo a procedimientos descritos por el proveedor Applied Biosystems.<sup>22</sup> Se compararon las frecuencias obtenidas para cada polimorfismo del gen *PON1* entre los casos y los controles y se determinó el equilibrio de Hardy-Weinberg de las frecuencias genotípicas, usando una prueba de ji cuadrada. La asociación entre los polimorfismos estudiados y los gliomas se evaluó en términos de la razón de probabilidades (OR) y 95% de intervalo de confianza. Los valores de p ( $p > 0.05$ ) se obtuvieron de las pruebas de dos colas ejecutando el análisis con el paquete estadístico STATA versión 10.2. Se obtuvo también las frecuencias de los haplotipos, para determinar si aumenta el riesgo para los gliomas. El valor de riesgo (OR) se utilizó también para evaluar si existe un haplotipo (-108CT/L55M/Q192R) de riesgo para tumor cerebral en la población estudiada. En este caso, se determinaron las frecuencias haplotípicas imputadas en los casos y los controles, y fueron comparadas entre los grupos estudiados usando el paquete estadístico SNPstats.

## Resultados y Discusión

De las 74 muestras con algún tipo de glioma, 62 eran adultos con un rango de edad de 19 a 64 años y media de 41.69; y 12 niños con un rango de edad de 1 a 12 años, y media de 7.18 años. En tanto que para los controles se incluyeron adultos con rango de edad de 21 a 56 años y media de 34.45 años. El 53.23 % de los casos de tumor cerebral se presentó en el sexo masculino y 46.77% fueron casos femeninos. (Tabla 1).

Tabla 1. Tipo de tumor cerebral en 74 muestras archivadas.

Tipo de Tumor	No. De casos	%
Astrocitoma	28	37.84
Glioblastoma	16	21.62
Meningioma	10	13.51
Ependimoma	8	10.81
Oligodendroglioma	5	6.76
No definido	7	9.46
Total	74	100

Se encontraron los tres genotipos para los polimorfismos estudiados del gen *PON1* (Tabla 2). Las frecuencias genotípicas para los tres polimorfismos se distribuyeron de acuerdo al equilibrio de las poblaciones Hardy-Weinberg ( $p > 0.05$ ), excepto para los polimorfismos -108CT y L55M en el grupos de casos con tumor cerebral. La comparación de las frecuencias genotípicas y alélicas entre el grupo con tumor cerebral y los controles para evaluar asociación, demostró diferencia significativa para el polimorfismo -108CT del gen *PON1* en el genotipo heterocigoto CT ( $p = 0.0034$ ), que sugiere asociación positiva de este genotipo como factor de riesgo genético para desarrollar tumores cerebrales. (Tabla 2).

**Tabla 2.** Frecuencias genotípicas y alélicas para los polimorfismos estudiados del gen *PON1* en muestras de tumor cerebral y controles.

Genotipo	casos	controles	OR	casos vs controles (95%IC)	p
-108CT	n=74	n=58			
CC	8 ( 10.82)	19 (32.76)	Referencia		
CT	55 (74.32)	31 (53.45)	4.21371	(1.652562-10.74414)	0.0034**
TT	11 (14.86)	8 (13.79)	3.265625	(0.9549565-11.16732)	0.0730
Alelo C	71 (47.97)	69 (59.48)	Referencia		
Alelo T	77 (52.03)	47 (40.52)	1.592149	(0.9741004-2.602337)	0.0818
EHW (p)	(0.0001)	(0.59)			
L55M	n=74	n= 58			
LL	61 (82.43)	42 (72.41)	Referencia		
LM	10 (13.52)	14 (24.14)	0.4918033	(0.1996225-1.211639)	0.1702
MM	3 (4.05)	2 (3.45)	1.032787	(0.1653678-6.450162)	1.0000
Alelo L	132 (89.19)	98 (84.48)	Referencia		
Alelo M	16 (10.81)	18 (15.52)	0.6599327	(0.320466-1.358993)	0.2721
EHW(p)	(0.032)	(0.61)			
Q192R	n=73	n= 58			
QQ	15 (20.55)	12 (20.69)	Referencia		
QR	37 (50.68)	32 (55.17)	0.925	(0.3781601-2.2626)	1.0000
RR	21 (28.77)	14 (24.14)	1.2	(0.4341749-3.316636)	0.7981
Alelo Q	67 (45.89)	56 (48.28)	Referencia		
Alelo R	79 (54.11)	60 (51.72)	1.00498	(0.6752399-1.793577)	0.7104
EHW(p)	(1)	(0.60)			

\*\* Significativo con  $P \leq 0.01$

N (%).- Número de muestras en porcentaje

Adicionalmente, se analizaron los haplotipos generados de los polimorfismos -108CT/L55M/Q192R entre casos y controles. Se encontraron 8 haplotipos diferentes en los controles y en los casos, siendo el CLR el más frecuente en ambos grupos. La comparación de las frecuencias haplotípicas entre casos y controles no arrojó diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Frecuencia de haplotipos imputados -108CT/L55M/Q192R del gen *PON1* en casos y controles.

Haplotipo -108CT/L55M /Q192R	Casos 2N=146	Controles 2N=116	OR	Casos vs Controles (95%IC)	p <sup>NS</sup>
CLQ	17(11.64)	23(19.83)	0.5328615	(0.2696251-1.053097)	0.0837
CLR	47(32.19)	37(31.90)	1.01365	(0.6011432-1.70922)	1.0000
CMQ	5(3.42)	7(6.03)	0.5521783	(0.1706005-1.787221)	0.3791
CMR	1(0.69)	2(1.72)	0.3931034	(0.0352023-4.389775)	0.5856
TLQ	38(26.03)	22(18.97)	1.503367	(0.8305183-2.721327)	0.1864
TLR	28(19.18)	16(13.79)	1.483051	(0.7592551-2.896839)	0.3182
TMQ	6(4.11)	4(3.45)	1.2	(0.3305497-4.35638)	1.0000
TMR	4(2.74)	5(4.31)	0.6253521	(0.1640691-2.38354)	0.5150

<sup>NS</sup> No Significativo con  $P > 0.05$

N (%).- Número de muestras en porcentaje

La comparación entre la interacción genotipo-fenotipo demostró diferencia significativa para el polimorfismo -108CT del gen *PON1* ( $p = 0.024520$ ), que sugiere asociación positiva de este polimorfismo como factor de riesgo genético para desarrollar tumores cerebrales. (Tabla 4). La distribución de los genotipos en el polimorfismo -108CT del gen *PON1*, estratificados de acuerdo al tipo de tumor demostró diferencia significativa para Ependimoma ( $p = 0.016$ ), la cual sugiere, que los sujetos con genotipos heterocigotos y mutados del polimorfismo -108CT del gen *PON1* presentan mayor riesgo para desarrollar tumor de cerebro de tipo Ependimoma. Además en los sujetos con genotipos heterocigotos y mutados del polimorfismo -108CT del gen *PON1* presentan tendencia para desarrollar tumor de cerebro de tipo Meningioma ( $p = 0.05$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tabla de contingencia para tumores de cerebro (Genotipo-Fenotipo).

Genotipo	Astroci.	Glioblas.	Meningio. *	Ependim. **	Oligoden.	No definido	p
-108CT							
CC	1	4	0	3	0	0	0.024520
CT	24	11	6	3	4	6	
TT	3	1	4	2	0	1	
L55M							
LL	24	14	9	5	3	5	0.097960
LM	4	1	1	3	1	0	
MM	0	1	0	0	0	2	
Q192R							
QQ	5	3	3	1	1	2	0.787080
QR	15	7	4	5	1	5	
RR	8	6	3	2	2	0	

\* Significativo con  $p = 0.05$

\*\* Significativo con  $p = 0.016$

Astroci.- Astrocitoma

Glioblas.- Glioblastoma

Meningio.- Meningioma

Ependi.- Ependimoma

Oligoden.- Oligodendroglioma

## Discusión

En este estudio en el grupo de casos para los polimorfismos -108CT y L55M no se cumplió el equilibrio de Hardy-Weinberg; esto se debe a un tamaño de muestra pequeño y a la presencia de un mayor número de genotipos heterocigotos; pero principalmente, el hecho de que las muestras de casos no se encuentren en equilibrio de Hardy-Weinberg es un indicativo de que los polimorfismos pueden estar asociados con la enfermedad;<sup>7</sup> al determinarse que una mutación genera un polimorfismo responsable de la enfermedad, es posible que otros polimorfismos cercanos también estén asociados a ella (desequilibrio de ligamiento); los polimorfismos -108CT y L55M por su proximidad en el gen *PON1* pueden relacionarse con los tumores de cerebro. En este estudio se demostró la implicación del polimorfismo -108CT de la región promotora del gen *PON1*, en la ocurrencia de tumores cerebrales en una población del Sureste de México. Nuestros hallazgos concuerdan con estudios previos relativos al polimorfismo -108CT como factor de riesgo, en vista de que este polimorfismo es el determinante para la expresión del gen, confiriendo niveles reducidos de PON1 y contribuyendo del 22 al 25% de la variación en PON1. Comparado con el genotipo -108CC, los homocigotos TT tienen, en promedio, de 33 a 45% menor actividad enzimática en adultos<sup>9</sup> y 63% menor en neonatos.<sup>7,9</sup> Nuestros resultados apoyan los hallazgos de Searles Nielsen y Col.<sup>6</sup> que encontraron una relación dosis-respuesta entre los tumores cerebrales en niños y el SNP de la región promotora -108CT, en relación a la exposición de insecticidas domésticos en niños.<sup>6</sup> Estos estudios incluyeron polimorfismos de la región codificante del gen *PON1*, los SNPs Q192R o L55M, no encontrando asociación entre tumores cerebrales, en tanto que sí se evidenció que el polimorfismo funcional -108CT tiene un efecto importante.<sup>6,18</sup> Kadafar y Col.<sup>15,17,19</sup> no encontraron asociación entre el polimorfismo codificante Q192R del gen *PON1* en pacientes con gliomas de alto grado y Meningiomas; sin embargo, determinaron que la actividad sérica de PON1 está disminuida. Los estudios que han descrito falta de asociación entre *PON1* y tumores cerebrales solo han incluido polimorfismo codificantes;<sup>15,17,19</sup> a excepción de Searles-Nielsen y Col.<sup>6,18</sup> y el presente estudio que incluyen el polimorfismo de la región promotora -108CT; evidenciando la asociación entre las frecuencias genotípicas de -108CT con el desarrollo de tumores cerebrales de tipo Ependimoma y con tendencia para Meningioma; y no de los polimorfismos codificantes.<sup>18</sup> En particular, las frecuencias alélicas para *PON1* varían ampliamente entre los grupos étnicos; por ejemplo la frecuencia de alelo 192R es elevada en la población hispana en comparación con la población del norte de Europa. En particular, la frecuencia de los alelos de riesgo -108T, 55M y 192R del gen *PON1* en la población del Sureste de México se ha descrito dentro de las más altas en 50.62%, 7.81% y 65.31%, respectivamente.<sup>16</sup> El análisis de haplotipos se propone, a veces, como un acercamiento más informativo para el análisis de efectos genéticos, en este estudio no se encontró asociación entre los tumores cerebrales y el haplotipo, estos resultados son similares a estudios previos en los que no se encuentra haplotipos o diplotipos del gen *PON1* asociados con los tumores cerebrales.<sup>6, 19</sup>

## Conclusiones

En particular, en la población del Sureste de México, el polimorfismo -108CT en la región promotora del gen *PON1* se asocia con la ocurrencia de tumores cerebrales. Se determinó que los sujetos con genotipos heterocigotos y mutados del polimorfismo -108CT del gen *PON1* presentan mayor riesgo para desarrollar tumor de cerebro de tipo Ependimoma y con tendencia para desarrollar Meningioma. La determinación de la presencia de genotipos susceptibles del gen *PON1* en pacientes con tumores cerebrales contribuye para identificar sujetos en alto riesgo, que permitan implementar estrategias preventivas en la población estudiada.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Sectorial de Salud del Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (No. FONSEC-SALUD-2008-87758) por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto.

## Referencias

- 1.- M. A. Idoate, J. Echeveste. *Rev. Neurol.* **2007**, *44*, 4, 217-224.
- 2.- J. E. Guevara. *Arch Neurocién (Mex)*. **2004**, *9*, 2, 113-117.
- 3.- F. Corona, J. P. Espíritu, C. A. Gutiérrez. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int.* **2005**, *19*, (5-6), 169-171.
- 4.- P. M. Pascual, M. Bestué, P. M. Serrano. *Rev. Neurol.* **2002**, *34*, 97-98.
- 5.- J.G. Cairncross, K. Ueki, M.C. Zlatescu, D.K. Lisle, D. M. Finkelstein, R.R. Hammond. *J. Nat. Cancer Inst.* **1998**, *90*, 1473-1479.
- 6.- S. Nielsen; B. Mueller, A. Viernes. De Roos, F. Farin, H. Checkoway, *Environ. Health Perspect.* **2005**, *113*, 909-913.
- 7.- J. Chen, M. Kumar; W. Chan, G. Bercowitz; J.G. Wetmur. *Environ. Health Perspect.* **2003**, *111*, 1403-1409.
- 8.-M.C. Blatter, R.W. James, P. Dussoix, H. Blanche, P. Passa; P. Froguel, J. Ruiz. *J. Clin. Invest* **1997**, *99*, 62-66.
- 9.-V.H. Brophy; R.L. Jampsa; J.B Clendenning, L.A. McKinstry; G.P. Jarvick, C.E. Furlong. *Am. J. Hum Genet.* **2001**, *68*, 1428-1436.
- 10.-I. Leviev, R.W. James. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* **2000**, *20*, 516-521.
- 11.-H.G. Davis, R.J. Richter, M. Keifer, C.A. Broomfield, J. Sowalla, C.E. Furlong. *Nat. Genet.* **1996**, *14*, 334-336.
- 12.- W.F. Li, L.G. Costa, R.J. Richter, T. Hagen, D.M Shih, A. Tward, A.J. Lulis. C.E. Furlong. *Pharmacogenetics.* **2000**, *10*, 767-779.
- 13.- C.E. Furlong, R.J. Richter, S.L. Seidel, A.G. Motulsky. *Am. J. Hum. Genet.* **1988**, *43*, 230-238.
- 14.- H.W. Eckerson, C.M. White, B.N. La Du. *Am. J. Hum. Genet.* **1983**, *35*, 1126-1138.
- 15.- A. M. Kafadar, A. Ergen, U. Zeybek, B. Agachan, C. Kunday, T. Isbir, *Cell Biochem Funct.* **2006**, *24*, 455-460.
- 16.- L.J. González, R.M. Cerda, M. Luna, J. Canto, D. Pinto, N. Pérez, B. Quintanilla. *Clinical and Molecular Teratology.* **2010**, *88*, 987-994.

- 17.- P. Rajaraman, A. Hutchinson, N. Rothman, P.M. Black, H.A. Fine; J.S. Loeffler, R.G. Selker, W.R. Shapiro, M.S Linet; P.D. Inskip, *Neuro-Oncology*. **2008**, *10*, 709-715.
- 18.- S.S Nielsen, R. McKean-Cowdin, F.M. Farin, E.A. Holly, S. Preston-Martin, B.A Mueller. *Environmental Health Perspectives*. **2010**, *118*, 1, 144-149.
- 19.- C. Martínez, J.A. Molina, H. Alonso-Navarro, F.J. Jiménez-Jiménez, J.A.G. Agúndez, E. García-Martín. *BMC Neurology*. **2010**, *10*, 71, 1-7.
- 20.- INEGI.
- 21.- Manual de usuario. NanoDrop 2000/2000c Spectrophotometer. [www.nanodrop.com](http://www.nanodrop.com) (página consultada el 11 de junio del 2015).
- 22.-[https://www.lifetechnologies.com/order/genome-database/browse/genotyping/keyword/C\\_11708905\\_10?ICID=search-snp-C\\_11708905\\_10](https://www.lifetechnologies.com/order/genome-database/browse/genotyping/keyword/C_11708905_10?ICID=search-snp-C_11708905_10) página consultada el 11 de junio del 2015.

# DIAGNÓSTICO DE LA TRAYECTORIA ESCOLAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

**E.M. Alonso-Rubín<sup>1</sup>, B.L.Orduña-Tenorio<sup>1</sup>, M. Ruiz- Roque<sup>1</sup>, J.M.Valle-Morales<sup>1</sup>, J.I. Castrejón- Castro<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Iguala, Carretera Nacional Iguala-Taxco, esquina periférico norte s/n; col., Adolfo López Mateo (Infonavit), C.P. 40030. Iguala, Guerrero, México [estela.alonso@itiguala.edu.mx](mailto:estela.alonso@itiguala.edu.mx),*

*bliliana.tenorio@itiguala.edu.mx, maria.roque@itiguala.edu.mx, mirna.valle@itiguala.edu.mx,*

<sup>2</sup>*Alumno de la Carrera de Contador Público del Instituto Tecnológico de Iguala, [16670199@itiguala.edu.mx](mailto:16670199@itiguala.edu.mx),*

**Área de participación:** Investigación Docente (CB)

**Resumen:** En el trabajo de investigación se llevaron a cabo actividades, identificando y analizando índices de rezago, reprobación, eficiencia terminal y titulación de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del cohorte generacional 2010 al 2017, los datos proporcionados por el análisis se estructuraron para identificar la problemática que se ha generado así como la trayectoria educativa de cada uno de los estudiantes, siendo este el punto de partida para poder establecer las estrategias que garanticen la permanencia y eficiencia terminal. Dentro de los aspectos que se recomienda considerar en los estudios de trayectoria escolar, es importante señalar que en estos se aborden desde dos perspectivas: transversal y longitudinal, la institución debe establecer estándares de referencia, con el fin de evaluar todos los aspectos relativos al fenómeno de trayectoria escolar, es imprescindible dar a conocer los resultados individuales a los encargados de los programas de tutoría, a los profesores de las asignaturas, a los cuerpos académicos y, desde luego, a los directores del ITI, con el fin de que se comparta la responsabilidad de emprender acciones de apoyo a los estudiantes, es conveniente que los resultados se presenten con las gráficas correspondientes para hacerlos más ilustrativos, es muy importante proyectar estudios de trayectoria escolar en los que se investiguen las causas del comportamiento de este fenómeno, de ser posible, tienen que identificarse las tendencias de todos los indicadores.

## Introducción

Los temas de estudio son la deserción, rezago, eficiencia terminal y titulación escolar en la formación inicial de futuros ingenieros; a partir de reconocer el incremento en los últimos años del número de alumnos que viven esta situación en su recorrido escolar de formación académica, en la Institución observada. Particularmente, resultó llamativo identificar que casi la totalidad de una sección de una cohorte fue sufriendo desgranamiento en su matrícula inicial hasta casi desaparecer. A ello se agrega, el reconocimiento dentro de la Institución, de bajos niveles de rendimiento en evaluación, así como dificultades en la comprensión de textos, diversidad cultural y cognitiva en el alumnado, y ciertos aspectos de la organización escolar que consideramos inciden de algún modo en el problema que interesa abordar.

Para ello se tomó como referencia diferentes cohortes generacionales de la carrera de Ing. En Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico de Iguala, a partir de la construcción de una muestra, realizando estudios de investigación.

Por otra parte, producir conocimientos referidos a las características que esta problemática adquiere una importancia relevante dada las pocas investigaciones

sobre formación académica que hay en nuestro país. Sin dejar de lado, las connotaciones sociales, psicológicas y económicas que la deserción, rezago, eficiencia terminal y titulación tienen para los alumnos, el sistema educativo y la sociedad. Ello significaría un aporte importante para pensar estrategias de intervención asertivas y que permitan solucionar los problemas existentes a la vez que permitiría dar impulso a la tarea de producción de conocimientos a través de la investigación en un Instituto del Tecnológico Nacional de México.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

La Acreditación es un proceso para garantizar la calidad de un programa educativo. El proceso es llevado a cabo por un organismo externo a las instituciones de educación superior, reconocido para dicha función. La acreditación reconoce la calidad de los programas educativos considerando estándares definidos para un programa de buena calidad.

Supone la evaluación a través de estándares y criterios de calidad establecidos y difundidos previamente por un organismo acreditador. El procedimiento incluye una autoevaluación del programa, así como una evaluación por un equipo de expertos externos o pares académicos, que garantiza que cumple con determinados criterios, indicadores y parámetros de calidad en su estructura, organización, funcionamiento, insumos, procesos de enseñanza, servicios y en sus resultados; que tiene pertinencia social; es decir, que tiene el fin mayor de proyectar a sus alumnos como factores de cambio social en el desarrollo de su país ante el constante cambio mundial; y que ha sido estudiado y evaluado por expertos en la materia y que es de buena calidad

A través de la acreditación el estudiante tiene mayores conocimientos y por ende, ampliar las probabilidades de continuar con un posgrado, participar en los concursos para insertarse en programas de movilidad estudiantil, obtener becas con lo cual se minimiza el riesgo de abandonar la carrera, ampliar la certidumbre de que lo que se aprende es pertinente y actualizado, contribuir al desarrollo de la comunidad a través del servicio social y la participación en proyectos vinculados.

Así mismo para los egresados les permite lograr insertarse más rápidamente en el mercado laboral, ampliar las probabilidades de desarrollar su propia empresa, garantizar que sus estudios sean reconocidos en el extranjero, formar parte del conglomerado de profesionistas mejor calificados, alcanzar mejores herramientas para ejercer la profesión y contribuir con sus aportaciones profesionales al desarrollo del país.

De igual manera se les da certeza a los empleadores de ampliar las expectativas de crecimiento empresarial, por las contribuciones del grupo de profesionistas incorporados a la organización al recibir en sus espacios laborales a profesionistas calificados y seguros de sí mismos.

Y por último como Institución educativa se contribuye a la formación de egresados satisfechos en su nivel académico y con mayor seguridad para afrontar los retos de ejercer una profesión, mejorar los canales de comunicación con las IES de donde provienen sus empleados, con los consecuentes beneficios para la actividad económica de la empresa, acceder a programas institucionales que contribuyan a la mejora integral de la planta física y su capital humano, Incrementar el reconocimiento social, facilitar la celebración de convenios de colaboración con otras instituciones de educación superior tanto nacionales como internacionales como instituciones de prestigio académico y permite posicionar a las IES en situación de igualdad con otras del orbe, con los consiguientes beneficios para la planta académica y sus estudiantes.

Por lo anterior expuesto el presente proyecto se enfocará en analizar el proceso de la trayectoria escolar en la carrera de Ing. en Gestión Empresarial debido a la necesidad de conocer el tiempo promedio en que nuestros estudiantes terminaran su licenciatura y poder implementar un programa de seguimiento de trayectorias escolares, análisis e instrumentación de acciones remediales para abatir los problemas de rezago, reprobación y deserción así también permitirá poder cumplir con el Manual que marca el organismo certificador (C.A.C.E.I.) para la Acreditación de la carrera.

## Resultados y Discusión

A continuación, se expondrán los resultaos obtenidos a través de gráficas y posteriormente se presenta un análisis de estos.

### Trayectoria Escolar

Se inicia el análisis con los datos proporcionados por el Sistema Integral de Información del Instituto Tecnológico de Iguala, de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial.

### Matrícula de Nuevo Ingreso

Los datos proporcionados son a partir del cohorte generacional 2010 y abarca hasta el 2017 graficamente este es comportamiento de la carrera.



Figura 1. Datos proporcionados del SII del ITI

### Retención de Matrícula

De acuerdo a la recolección de información, los datos proporcionados nos muestran como la trayectoria de matrícula se comporta y la retención de esta.

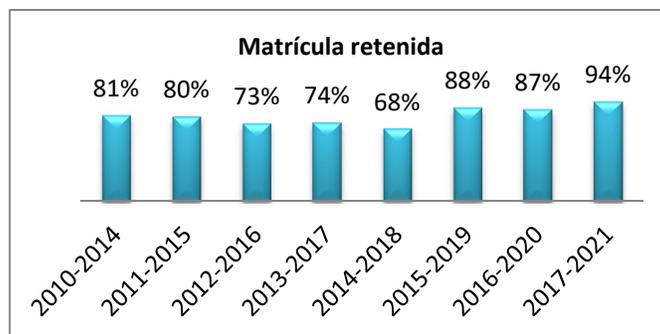


Figura 2. Datos proporcionados del SII del ITI

### Rezago de la Matrícula

Durante la trayectoria escolar se tuvieron retardos en cursar y/o re cursar las asignaturas por reprobación o por condiciones que ocasionaron rezago en la matrícula.

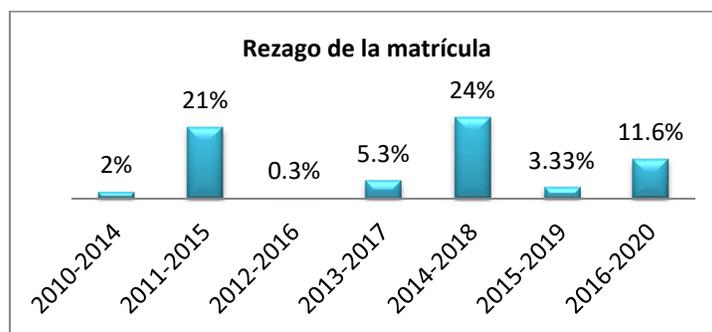


Figura 3. Datos proporcionados del SII del ITI

### Deserción de la Matrícula

Durante la trayectoria de la matrícula se tuvo una deserción, quienes son los jóvenes que no dieron continuidad a los estudios.

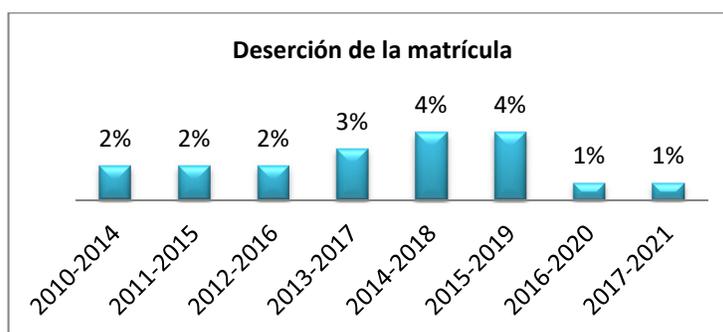


Figura 4. Datos proporcionados del SII del ITI

### Eficiencia Terminal de Matrícula

Se muestran los datos con la finalidad de mostrar en porcentajes la conclusión del mapa curricular de la matrícula de la carrera.

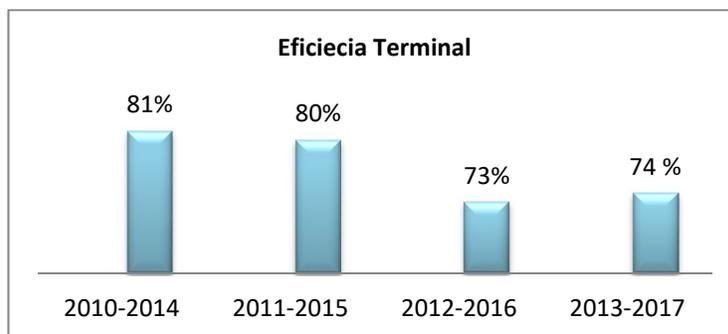


Figura 5. Datos proporcionados del SII del ITI

### Titulación

El comportamiento de la matrícula llegó a la culminación de estudios y muestra en porcentaje no solo la conclusión de estudios, sino también el lograr el grado académico de la ingeniería.

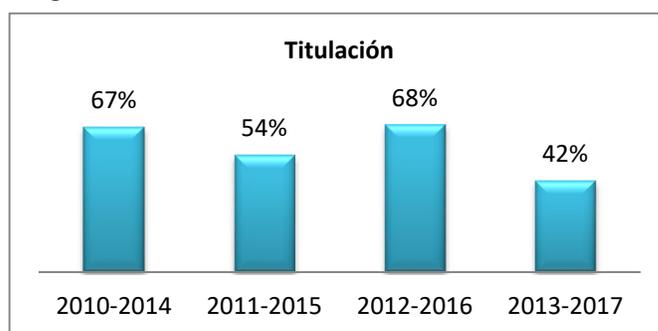


Figura 6. Datos proporcionados del SII del ITI

En la recopilación de datos y llenado de los cuadros concentradores de información se analizó lo siguiente:

- Se identificaron los índices de rezago, retención, abandono escolar temporal y definitivo esta última ocasionaba deserción, la cual es motivo de un mayor análisis y como sugerencia la implementación de estrategias para lograr elevar su eficiencia.
- De acuerdo a los lineamientos que indica el Manual del Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional. Los indicadores se identificaron y se aplicaron a los datos proporcionados por las áreas de Sistemas y Servicios Escolares, respecto a la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial considerando las tres cohortes generacional 2010 hasta el 2017.
- Se analizaron los índices de retención, rezago, reprobación, abandono escolar, deserción, haciendo un pronóstico y considerando que varios de los estudiantes no concluyen por el índice de materias reprobadas.
- Se estructuraron los datos para presentarlos en el informe ejecutivo para la presentación a la institución y para la entrega de evidencias al departamento de Ciencias Económico Administrativas para el llenado de la autoevaluación

para la acreditación del programa educativo de ingeniería en gestión empresarial.

## Conclusiones

Podrían definirse un sin fin de indicadores para conocer la eficiencia de las instituciones de educación superior. Sin embargo, todo el trabajo que ello implicaría sería infructuoso, si los resultados no se consideran en la toma de decisiones. La información obtenida al realizar estudios de trayectorias escolares es muy útil para los coordinadores de carrera y responsables de la planeación.

Algunos ámbitos específicos en los que pueden plantearse estrategias de mejoramiento que inciden directamente en el desempeño de los alumnos son reorientación de su curricular, y de las políticas de retención. Además, puede determinarse en qué materias aprueban o reprueban los estudiantes, los semestres críticos de deserción y de reprobación, y en qué tiempo transcurre su carrera.

Para realizar estudios de trayectoria escolar, no existen restricciones; entre más completos estén, serán más útiles para la toma de decisiones. Si la información está lo suficientemente desagregada (por asignatura, por semestre, por alumno) es más factible canalizarla a las instancias correspondientes para su atención oportuna.

A continuación, se presenta un listado, de algunos aspectos que se recomienda estén presentes en los estudios de trayectoria escolar:

1. Es importante que los estudios de trayectoria escolar se aborden desde dos perspectivas: transversal y longitudinal.
  2. Debe concederse suficiente importancia a los índices de reprobación por cohorte, carrera y materia, en cada semestre.
  3. Es conveniente desagregar información, en los índices que sea posible, por alumno, por carrera y por semestre.
  4. La institución debe establecer estándares de referencia, con el fin de evaluar todos los aspectos relativos al fenómeno de trayectoria escolar.
  5. Es imprescindible dar a conocer los resultados individuales a los encargados de los programas de tutoría, a los profesores de las asignaturas, a los cuerpos académicos y, desde luego, a los directores del ITI, con el fin de que se comparta la responsabilidad de emprender acciones de apoyo a los estudiantes.
- Es conveniente que los resultados se presenten con las gráficas correspondientes. Es muy importante proyectar estudios de trayectoria escolar en los que se investiguen las causas del comportamiento de este fenómeno.
  - De ser posible, tienen que identificarse las tendencias de todos los indicadores.

## Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Iguala por la aportación de la información necesaria para llevar a cabo el trabajo de investigación.

Al estudiante Jonathan Iván Castrejón Castro por su destacada y valiosa participación durante el desarrollo de la investigación.

## Referencias

1. Danieli, L. M. (2007). Congreso Nacional de Investigación. Obtenido de <https://cedoc.infed.edu.ar/upload/364.pdf>
2. Instituto Tecnológico de Iguala. (Julio de 2018). Obtenido de <http://www.itiguala.edu.mx/>
3. Mtra. Barrera, B. M. (2017). *Marco de referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. Ciudad de México: Propiedad Intelectual de CACEI.
4. Ortega Guerrero, J. C., López Gonzales, R., & Alarcón Montiel, E. (2015). Trayectorias escolares en educación superior. Xalapa, Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://www.uv.mx/bdie/files/2016/01/Libro-Trayectorias-escolares-educacion-superior.pdf>

# MINITAB 16 COMO HERRAMIENTA EN EL ANALISIS DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL DEL ITSCH

Manai Díaz Loza<sup>1</sup>, Hugo S Mateos Torre<sup>1</sup>, Manuel Jesús Molas Vazquez<sup>1</sup>

Departamento de Ingeniería Industrial y Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas mani\_diaz\_loza@hotmail.com, lichugosal@hotmail.com, manuel\_molas@hotmail.com, Carretera Las Choapas-Cerro de Nanchital Km 6 Col. J. Mario Rosado, Las Choapas Veracruz, México

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** MINITAB es una herramienta de tratamiento de datos que permite, entre otras cosas, realizar análisis descriptivos, regresión, análisis de la varianza, gráficos de control y análisis de capacidad o análisis de capacidad de procesos, así mismo es una herramienta que le permita de forma rápida la cuantificación de la calidad y el control estadístico con que se está produciendo en cada proceso, así como una comparación de datos. MINITAB proporciona, en primer lugar, una pantalla de información en la que se incluye una cuantificación del cumplimiento de las especificaciones de los clientes en cuanto al producto final: así mismo no sólo permite la creación de estos gráficos de forma sencilla, sino que también facilita la introducción de datos directamente desde la línea mediante sus grandes posibilidades de interconectividad con otras aplicaciones.

**PALABRAS CLAVES:** Minitab, Control estadístico, Calidad, Procesos.

## Introducción

El desarrollo de procedimientos adecuados para el estudio y control de los procesos productivos, es fundamental para mantener un nivel óptimo de calidad en los productos. En este sentido, la Estadística juega un papel importante en todas las actividades empresariales relacionadas con la calidad pues proporciona un amplio abanico de técnicas que se pueden aplicar en el control de la misma.

Aunque la expresión "control de la calidad" puede tener distintos enfoques se puede definir como el conjunto de las actividades técnicas y administrativas mediante el cual se miden las características de calidad de un producto, se compararan con especificaciones o requisitos y se toman acciones correctivas cuando exista una discrepancia entre el funcionamiento real y el estándar (Navarrete 1998: 18-19).

## POR QUE VARIAN LOS PROCESOS

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Dicho de otra manera, las características del producto fabricado no son uniformes y presentan una variabilidad. Esta variabilidad es claramente indeseable y el objetivo ha de ser reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de unos límites. El Control Estadístico de Procesos es una herramienta útil para alcanzar este objetivo. Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación, puede decirse que esta herramienta contribuye a la mejora de la calidad de la fabricación. Permite también aumentar el conocimiento del proceso (puesto que se le está tomando "el pulso" de

manera habitual) lo cual en algunos casos puede dar lugar a la mejora del mismo. (Rojas, 2006)

## FUNDAMENTOS ESTADÍSTICOS.

Para el entendimiento del Control Estadístico de Procesos no es necesario ser un experto en estadística, pero es preciso recordar al menos los puntos que se describen a continuación.

La distribución de probabilidad conocida como distribución normal es, por la cantidad de fenómenos que explica, la más importante de las distribuciones estadísticas. A la distribución normal también se la denomina con el nombre de campana de Gauss, pues al representar su función de probabilidad, ésta tiene forma de campana. En el math-block sobre la distribución binomial se introduce el concepto de variable aleatoria, distinguiendo además dos tipos de variables, las discretas y las continuas. En este apartado seguimos con el estudio de distribuciones de probabilidad analizando la distribución de probabilidad continua más importante, la distribución normal.

A continuación veremos las características principales de una distribución de probabilidad normal, definiendo posteriormente la distribución normal estándar así como sus usos. Posteriormente, veremos cómo utilizar la distribución normal para estimar probabilidades binomiales. (Angel A Juan).

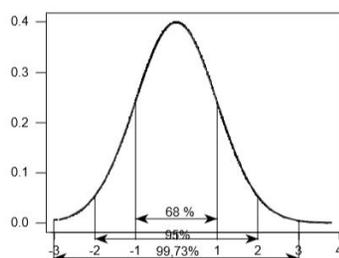


Ilustración 2. Función de densidad de probabilidad Normal

## CAUSAS COMUNES Y CAUSAS ASIGNABLES O ESPECIALES

De acuerdo con lo dicho en la introducción, el proceso está afectado por un gran número de factores sometidos a una variabilidad (por ejemplo oscilaciones de las características del material utilizado, variaciones de temperatura y humedad ambiental, variabilidad introducida por el operario, repetitividad propia de la maquinaria utilizada, etc.), que inciden en él y que inducen una variabilidad de las características del producto fabricado. Si el proceso está operando de manera que existen pequeñas oscilaciones de todos estos factores, pero de modo que ninguno de ellos tienen un efecto preponderante frente a los demás, entonces en virtud del TLC es esperable que la característica de calidad del producto fabricado se distribuya de acuerdo con una ley normal. Al conjunto de esta multitud de factores se denominan causas comunes. Por el contrario, si circunstancialmente incide un factor con un efecto preponderante, entonces la distribución de la característica de calidad no tiene por qué seguir una ley normal y se dice que está presente una causa especial o assignable. Por ejemplo, si en un proceso industrial se está utilizando materias primas procedentes de un lote homogéneo y se continúa la

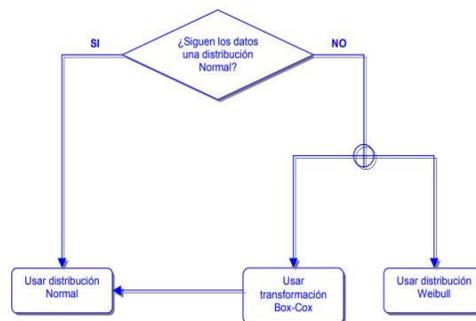
fabricación con materias primas procedentes de otro lote, cuyas características son muy diferentes de las anteriores, es muy posible que las características de los productos fabricados sean significativamente distintas a partir de la utilización del nuevo lote.

### CAPACIDAD DE PROCESO

Como consecuencia de todo lo anterior, si un proceso normal está en control estadístico, la característica de calidad del 99,73% de los elementos fabricados estará comprendida entre  $\mu - 3\sigma$  y  $\mu + 3\sigma$ . El parámetro  $\mu$  depende del punto en el que centremos el proceso. Sin embargo  $\sigma$  depende del número y variabilidad de las causas comunes del proceso y por lo tanto es intrínseca a él. Por lo tanto  $6\sigma$  es la Variabilidad Natural del Proceso o Capacidad del Proceso.

Para determinar si un proceso es o no capaz haremos uso de herramientas gráficas (histogramas, gráficos de control, y gráficos de probabilidad). También utilizaremos los llamados índices de capacidad, que vendrán determinados por los cocientes entre la variación natural del proceso y el nivel de variación especificada. En principio, para que un proceso sea considerado capaz, su variación actual no debería representar más del 75% de la variación permitida. El programa Minitab nos permite realizar análisis de capacidad basados en la distribución normal o en la distribución Weibull. La opción basada en el modelo normal nos proporciona un mayor número de estadísticos, si bien para usar esta opción es necesario que los datos originales sigan una distribución aproximadamente normal. Así, por ejemplo, esta opción nos dará estimaciones del número de unidades (o partes) por millón que no cumplen con las especificaciones. Tales estimaciones pueden transformarse en probabilidades de producir unidades que no cumplan con las especificaciones. Es importante recordar que para interpretar correctamente estos estadísticos es necesario que: (1) los datos se han obtenido a partir de un proceso bajo control, y (2) éstos siguen una distribución aproximadamente normal. De forma análoga, también es posible basarnos en el modelo Weibull para calcular las partes por millón que no cumplen con las especificaciones.

### ¿Qué tipo de distribución utilizar?



**Ilustración 3** Que tipo de distribución utilizar

## Gráficos de Control por Variables

Los gráficos de control por variables se utilizan para aquellas características de calidad que permiten ser medidas y, por lo tanto, son cuantificables. A continuación se desarrollarán los modelos de gráficos de control por variables más utilizados, comprendiendo su base teórica mediante aplicaciones prácticas así como sus ventajas y usos.

**Tabla 1:** Gráficos y estadísticos que otorga al usar Minitab

Tipo de Gráficos	Datos Estadísticos
Grafico $\bar{x}-R$	Media y Rango
Grafico $x-R$	Valores individuales y rangos móviles

Son muchas las ventajas que existen con el uso de los gráficos de control por variables.

Ventajas:

- ✓ Proporcionan información útil respecto al funcionamiento del proceso:
- ✓ Ofrecen un uso muy amplio.
- ✓ Proporcionan información útil respecto al funcionamiento del proceso: (Lombardero, 2007)

Por otra parte de acuerdo con las dos clases de datos de que se dispone en la industria, existen dos modelos fundamentales para las gráficas de control: los gráficos de control para variables y los gráficos de control para atributos. Gráficos de control para mediciones o para variables: estos se emplean en el caso en que se efectúen mediciones, como se citó con anterioridad:

Gráficos de control para atributos: los datos utilizados por este gráfico se generan por calibradores pasa-no pasa o por conteos, entre estos gráficos se encuentran:

- El gráfico p
- El gráfico np
- El gráfico C
- El gráfico U

Aunque hay un importante lugar en las aplicaciones de control de calidad para las gráficas basadas sobre cada uno de estos tipos de datos, el mayor poder de control de las gráficas de variables hace a este tipo de gráfica la alternativa preferida de control donde sea práctica y económica.

A continuación se presenta una práctica donde se utiliza Minitab para manejo de datos y graficas x Barra-R

Los anillos para pistones de un motor de automóvil se producen mediante un proceso de fundición. Quiere establecerse el control estadístico del diámetro interior

de los anillos fabricados con este proceso utilizando cartas X(barra) y R. Se toman 25 muestras, cada una de tamaño 5, cuando se considera que el proceso está bajo control con intervalos de una hora entre cada muestra. Construya el gráfico de control antes mencionado para este caso.

Tabla 3: vista de la pantalla de Minitab antes de generar los gráficos X (barra)-R

Mediciones del diámetro interior (mm) de anillos fundidos para pistones.

Muestra	Observaciones					$\bar{X}$	R
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	74.010	0.038
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004	74.001	0.019
3	73.998	74.024	74.021	74.005	74.002	74.010	0.026
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009	74.003	0.022
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014	74.003	0.026
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993	73.996	0.024
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005	74.000	0.012
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988	73.997	0.030
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004	74.004	0.014
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995	73.998	0.017
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990	73.994	0.008
12	74.004	74.000	74.007	74.000	73.996	74.001	0.011
13	73.983	74.002	73.998	73.997	74.012	73.998	0.029
14	74.006	73.967	73.994	74.000	73.984	73.990	0.039
15	74.012	74.014	73.998	73.999	74.007	74.006	0.016
16	74.000	73.984	74.005	73.998	73.996	73.997	0.021
17	73.994	74.012	73.986	74.005	74.007	74.001	0.026
18	74.006	74.010	74.018	74.003	74.000	74.007	0.018
19	73.984	74.002	74.003	74.005	73.997	73.998	0.021
20	74.000	74.010	74.013	74.020	74.003	74.009	0.020
21	73.982	74.001	74.015	74.005	73.996	74.000	0.033
22	74.004	73.999	73.990	74.006	74.009	74.002	0.019
23	74.010	73.989	73.990	74.009	74.014	74.002	0.025
24	74.015	74.008	73.993	74.000	74.010	74.005	0.022
25	73.982	73.984	73.995	74.017	74.013	73.998	0.035
	<b>Promedios</b>					74.001	0.02284

Para construir los gráficos de control utilizando Minitab, existen diferentes formas de hacerlo, obteniendo información adicional en algunos casos como los índices de capacidad del proceso, los PPM's, el nivel de calidad en sigmas del proceso (SQL). En este caso primeramente se ilustrará como construir únicamente los gráficos de control, que nos ayudarán a saber si el proceso estuvo dentro de control a la hora de recolectar los datos. A continuación se ilustra la secuencia a seguir en el Minitab 15.

- ✓ A continuación vacié los datos en una hoja de Minitab, y siga la sintaxis siguiente extensión

#### ANÁLISIS DE CAPACIDAD (MODELO NORMAL)

Usaremos el análisis de capacidad con el modelo normal cuando los datos provengan de una distribución aproximadamente normal. El informe que genera el programa incluye un histograma de capacidad con una curva normal superpuesta, y una tabla completa de índices de capacidad a corto y largo plazo. La curva normal se obtiene usando la media y desviación típica muestral.

El informe también incluye otros estadísticos de los datos del proceso, tales como la media, el valor esperado a priori u objetivo (en caso de haberlo indicado), la tolerancia natural del proceso, las desviaciones estándar a corto y largo plazo, las especificaciones del proceso, el comportamiento observado, y los comportamientos esperados a corto y largo plazo. De esta forma, el informe permite analizar de forma

visual si los datos siguen o no un patrón normal, si el proceso está o no centrado en el objetivo, y si el proceso es capaz o no (es decir, si cumple con las especificaciones preestablecidas).

Los índices de capacidad son estimaciones numéricas de la capacidad del proceso, es decir, nos dan una idea de cuán capaz es el proceso (a qué nivel cumple con las especificaciones). Estos estadísticos son muy útiles ya que, aparte de ser sencillos de calcular, no tienen unidades de medida, por lo que permiten comparar distintos procesos. Básicamente, son el cociente entre la amplitud tolerable del proceso (la distancia entre los límites de tolerancia o límites de especificación), y la amplitud real o natural del proceso (recordemos que, habitualmente, la distancia entre los límites de control es de 6 sigma). Algunos de estos estadísticos se definen a partir de la media del proceso o del objetivo.

Los índices de capacidad asociados con la variación a corto plazo son  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $C_{PU}$ , y  $C_{PL}$ ; por otro lado, los asociados con la variación a largo plazo son  $P_p$ ,  $P_{pk}$ ,  $P_{PU}$ , y  $P_{PL}$ . En la práctica, se suele considerar que 1,33 es el valor mínimo aceptable para un índice de capacidad (es decir, cualquier valor por debajo de esta cifra indicaría que, aunque esté bajo control estadístico, el proceso no cumple con las especificaciones deseadas).

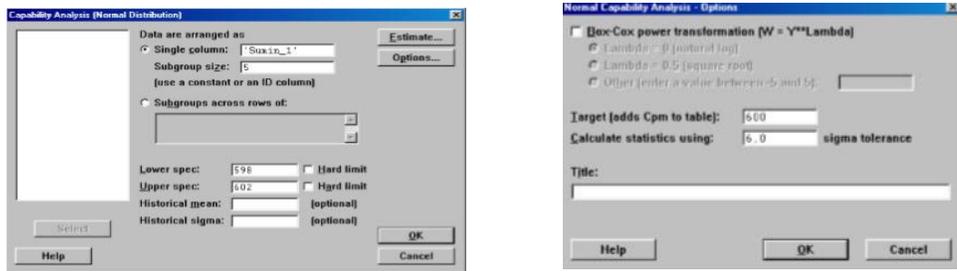
Un ejemplo aplicado para estudiar el control estadístico de procesos:

Supongamos que trabajamos para la industria del automóvil, concretamente en el departamento de ensamblaje de motores. Una de las partes del motor debe tener una longitud de  $600 \pm 2$  mm para satisfacer las especificaciones técnicas. Hemos tenido un problema con algunas de estas partes, las cuales no cumplían las citadas especificaciones.

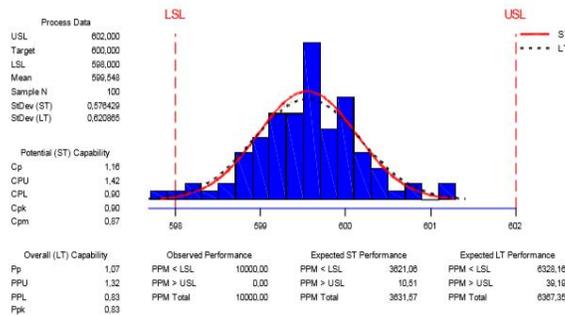
Tales partes pueden provenir de dos suministradores distintos y externos a la empresa. Tras realizar un gráfico de control X-barra/R, observamos que las partes obtenidas del suministrador 2 provenían de un proceso que estaba fuera de control, por lo que optamos por prescindir de sus servicios hasta que su producción vuelva a estar bajo control.

Una vez parada la adquisición de partes provenientes del suministrador 2, observamos que el número de defectos en la línea de ensamblaje ha descendido significativamente, aunque los problemas no han desaparecido por completo. Decidimos pues realizar un análisis de capacidad para estudiar si el suministrador 1 es capaz, él sólo, de cumplir con nuestras especificaciones técnicas. Los datos sobre el tamaño de las partes provenientes de este suministrador se guardan en el archivo partes.mtw.

Sintaxis a seguir en Minitab: Seleccionar Stat > Quality Tools > Capability Analysis (Normal):



Process Capability Analysis for Sumin\_1



Para poder interpretar correctamente los índices de capacidad obtenidos necesitamos verificar primero que nuestros datos provienen de una distribución aproximadamente normal, lo cual parece cumplirse a raíz del histograma anterior. Podemos ver, sin embargo, que la media del proceso es algo inferior al objetivo, y que la cola izquierda de la distribución cae fuera del límite de especificación inferior (LSL en el gráfico). Esto significa que veremos ocasionalmente algunas partes que no cumplen la especificación inferior de 598 mm.

El índice Cpk nos sirve para determinar si el proceso generará unidades que verifiquen las especificaciones. En este caso, el Cpk para el suministrador 1 es de sólo 0,90. Ello significa que nuestro suministrador debe mejorar su proceso vía una reducción de la variación y un mejor ajustado al objetivo.

De forma similar, el valor de PPM < LSL (i.e., el número esperado de partes por millón cuya longitud será inferior al LEI) es de 3621,06.

### Conclusiones

Tan pronto como se empiecen a recoger los primeros resultados, es conveniente realizar un análisis de la experiencia acumulada por si fuera necesario redefinir el plan trazado (el proceso seleccionado no es adecuado, la variable controlada tiene una incidencia real baja, la formación dada al personal no ha sido suficiente, etc.)) Una vez conseguido el control estadístico del proceso, debe:

- Evaluarse los resultados conseguidos, comunicándolos a la gerencia (para que autorice la extensión del programa), a los que han participado en este programa piloto (para su propio estímulo) y a aquellas personas que están involucradas con los próximos procesos sobre los que se va a implantar el SPC (para conseguir su apoyo de antemano).

- El proceso controlado debe entrar en una fase de mejora continua para reducir la variabilidad debidas a las causas comunes. Esto puede ser objeto de otro programa de mejora.

Selección de los procesos sobre los que se seguirá la implantación. Repetir el ciclo

### **Agradecimientos**

Agradecemos al Instituto tecnológico superior de las Choapas las facilidades que se nos dio para realizar en sus aulas de clases algunos experimento y cursos con los alumnos de Ingeniería Industrial

### **Referencias**

1. TARO YAMANE, Estadística, Editorial Harla, México 1999
2. SPIEGEL. Estadística, Serie Schaum, Edit. Mc Graw Hill, México 2007
3. BERK & CAREY, Análisis De Datos con Microsoft Excel, Edit. Thompson, Leraning México 2012.
4. MONTGOMERY, D. C., 2012. Control Estadístico de la Calidad. Editorial Limusa Wiley. Tercera Edición.
5. GUTIERREZ, P. H., 2004. Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Editorial Mc Graw Hill
6. ESCALANTE, V. E. J., 2003. Seis Sigma Metodología y Técnicas. Editorial Limusa.
7. CAROT A. V., 2001. Control Estadístico de la calidad. Editorial Alfa omega.
8. RYAN B., JOINER B. y Creer J. 2005. MINITAB Handbook Updated for Release 18
9. OAKLAND, J.S (2006) Statistical, Process control (4th ed), Oxford: Ed. BH, Manufactured product Control, Hand Book of Satatistic ,9. CR Rao

# LA IMPORTANCIA DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

**Hugo S Mateos Torres<sup>1</sup>, Manai Díaz Loza<sup>2</sup>, Manuel Jesús Molas Vazquez<sup>3</sup>**

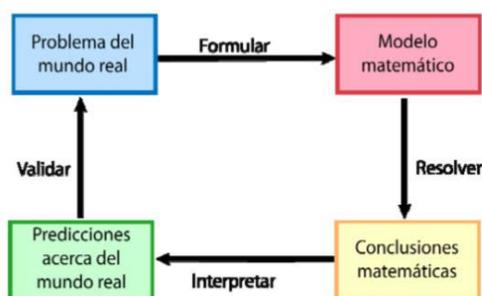
*Ciencias Básicas y Departamento de Ingeniería Industrial del. Instituto Tecnológico Superior de las Choapas lichugosal@hotmail.com, mani\_diaz\_loza@hotmail.com, manuel\_jesus@hotmail.com Carretera. Las Choapas-Cerro de Nanchital Km 6 Col. J. Mario Rosado, Las Choapas Veracruz, México.*

**Área de participación:** Investigación docente (CB)

**Resumen:** Existe una enorme brecha entre las habilidades matemáticas que requiere el ingeniero en la actualidad, vinculadas fundamentalmente a las actividades de modelación, analizar, interpretar y comunicarse en un lenguaje preciso, etc., y las habilidades que se forman en los cursos de Matemáticas comunes en nuestras instituciones educativas en México, que ponen su mayor énfasis en la actividad de resolver ejercicios en una forma analítica. Son variadas las causas de este fenómeno, que no es un problema solo de nuestros estudiantes. El conocimiento científico en general, es concebido por las prácticas en el salón de clases, y sin embargo se ha considerado en muchas ocasiones el estudio de las matemáticas como el trabajo con conceptos complicados o difíciles, es decir alejados de toda actividad social. La modelación matemática de problemas físicos, crea en los estudiantes de ingeniería una capacidad y habilidad necesarias para la solución de posibles problemas prácticos. El presente trabajo tiene como objetivo proponer una estrategia metodológica que posibilite reordenar de modo sistémico y facilite la modelación, teniendo en cuenta la clasificación de algunos modelos matemáticos para las ingenierías en nuestra institución; según metodología utilizada en la realización, la naturaleza de los procesos que desarrollan, su estructura matemática y otras, sin dudar, del perfil del profesional de estas carreras y las principales categorías didácticas del proceso de enseñanza – aprendizaje.

## Introducción

Modelación matemática: Un modelo constituye una representación o abstracción de la realidad. Entre los diferentes tipos de modelos se pueden mencionar los analógicos, físicos, gráficos, esquemáticos y matemáticos. La modelación matemática es un intento de describir alguna parte del mundo real en términos matemáticos. Modelos matemáticos han sido construidos en todas las ciencias tanto físicas, como biológicas y sociales. Los elementos que lo componen son tomados del cálculo, el álgebra, la geometría y otros campos afines. Es natural que los modelos matemáticos sean modelos de analogía incompleta, es decir, que reflejan solamente algunas propiedades del objeto modelado. A la vez, los modelos matemáticos se caracterizan por una suficiente generalidad, describiendo una clase completa de objetos o fenómenos. Por otra parte, la creación de modelos matemáticos no requiere significativos gastos materiales y la realización del propio proceso de modelación con ayuda de los modernos medios de cómputo permite efectuarla en un tiempo relativamente pequeño. En un modelo matemático se establece un conjunto de relaciones (de igualdad y/o de desigualdad) definidas en un conjunto de variables que reflejan la esencia de los fenómenos en el objeto de estudio. Formalmente un modelo matemático  $M$  es una estructura, donde  $R$  es el conjunto de las relaciones y  $V$  el conjunto de las variables. En la siguiente figura se ilustra el proceso de modelado: (Brito-Vallina, 2011)



**Figura 1.** Proceso de Modelación

Cuando se tiene un problema del mundo real, la primera tarea es formular el modelo matemático para eso hay que identificar las variables y se tienen que establecer la hipótesis que simplifique el fenómeno lo suficiente como para que pueda tratarse matemáticamente, así mismo se pone a prueba el conocimiento de la situación física.

### **La modelación como recurso didáctico en la clase de matemática**

En la literatura internacional se encuentran referenciados múltiples trabajos relacionados con la modelación en educación matemática, los cuales sería imposible abordar en su totalidad en un artículo e incluso en un único texto. Se presentan algunas evidencias del grado de desarrollo e institucionalización de la investigación en modelación y las aplicaciones en Educación Matemática a nivel internacional; se destaca, por ejemplo, la conformación de temas de estudio relativos a la modelación y las aplicaciones, entre ellos: epistemología, la modelación como competencias y su relación con otras competencias, prácticas de enseñanza y aprendizaje de la modelación y las aplicaciones, los aportes de la tecnología a la modelación y las aplicaciones, y la implementación de la modelación como proceso y recurso en el aula de matemáticas. (Alexander, 2009)

### **Relaciones entre enseñanza de la matemática para futuros ingenieros y la modelación matemática**

Aceptando por una parte que: las funciones y tareas que desempeña un ingeniero se pueden visualizar en áreas tan diversas como: (1) Diseño y construcción de obras civiles (vías de comunicación, obras hidráulicas, obras sanitarias, puertos, aeropuertos, edificaciones de diversa naturaleza, remodelaciones y, en general, construcción y ambientación teologizada, de espacios para las múltiples actividades que los seres humanos realizan. (2) Diseño y construcción de plantas e instalaciones industriales. (3) Prospección, explotación y refinación de productos provenientes de fuentes energéticas. (4) Comercialización de productos tecnológicos de orígenes y estados de elaboración muy diversos. (5) Instalación y mantenimiento de maquinarias y equipos de variadas clases. (6) Proyectos y supervisión del funcionamiento de sistemas. (7) Participación en equipos multidisciplinarios para proponer soluciones a variados problemas de administración o tecnológicos. (8) Gerencia en organizaciones públicas y privadas. (9) Docencia en su especialidad o en áreas relacionadas con ella. (10) Desarrollo e investigación en

diversas ramas de la tecnología y en el estudio de los efectos de la adopción y adaptación de nuevos equipos y sistemas. (Cruz, 2010)

Y por otra que el método esencial de trabajo es el diseño, parece natural orientar las acciones que se realizan en la educación matemática de los alumnos de ingeniería hacia: (1) Abordar a través de la modelación matemática situaciones contextuales. (2) Proponer situaciones en las cuales estén presentes necesidades tales como: averiguar y ordenar datos, realizar mediciones, distinguir constantes y variables, seleccionar opciones de trabajo, formular hipótesis. (3) Aplicar la matemática para explicar fenómenos, para hacer predicciones, para tomar decisiones, validar propuestas y elaborar criterios de comparación.

La Modelación Matemática debe estimularse en el salón de clase, en tanto que refuerza la reflexión y el análisis, y permite evidenciar la ruta más fácil hacia la solución de un problema; para ello se utilizan expresiones matemáticas que representan fenómenos y procesos de nuestra vida cotidiana. La Modelación Matemática, es tanto un dispositivo como un proceso académico que en el aula demuestra las siguientes ventajas: a) Ayuda al estudiante a comprender mejor el escenario en el que se desarrolla. b) Refuerza el aprendizaje de las matemáticas (motivación). c) Estimula el desarrollo de algunas habilidades actitudinales de tipo matemático. d) Coadyuva a tener una mejor óptica de las matemáticas. (Luis, 2017).

## **Desarrollo**

Elaboracion de modelos matematicos

Los modelos y la realidad estan relacionados a traves de dos procesos: la abstraccion y la interpretacion. El primero de ellos nos obliga a encontrar cuales son los elementos mas importantes del problema y cuales son los accesorios. Para saber si un elemento es o no importante tendremos que ver su efecto relativo en la evolucion del sistema. En cuanto a la interpretacion, debemos de entenderla como la manera en que las componentes del modelo (parametros, variables) y su comportamiento pueden estar relacionadas con las componentes, características y comportamiento del sistema real que queremos modelar. Por tanto, la primera de las fases necesaria para construir un modelo matematico es la abstraccion, para ello tenemos que establecer ciertas hipotesis, definir las variables y desarrollar las matematicas adecuadas para poder resolver el problema. La fase siguiente es tratar de simplificar las herramientas matematicas utilizadas. Los resultados que se deducen del modelo matemático nos deberian llevar a poder efectuar algunas predicciones sobre el mundo real. El paso siguiente seria recoger datos de la situacion de la que se ha extraido el modelo y compararlos con las predicciones.

Si no coinciden, los datos que ya poseemos nos pueden servir para modificar las hipotesis. Si las predicciones coinciden con la realidad, entonces las hipotesis son correctas y tambien lo son las variables definidas. En caso contrario, si se observan discrepancias sera necesario construir otro modelo mas aproximado y fiable. Como podemos ver, la creacion de un modelo matematico es un proceso progresivo. (matemáticos)

A continuacion expondremos mas detenidamente los pasos que debemos seguir para construir un modelo matematico

1. Se debe empezar formulando las siguientes preguntas:

- ¿Cual es la informacion que realmente necesitamos?
  - ¿A que se reduce ahora el problema?
2. Descripcion cualitativa del modelo.
- Se debe iniciar por el m´as simple que describa el comportamiento biol´ogico del sistema.
  - Ver si los resultados que nos aporta el modelo dan respuesta a las preguntas planteadas.
- 3.-Descripcion cuantitativa del modelo.
- Tenemos que definir las variables y ver la manera en que estan relacionadas.
  - Debemos definirlos par´ametros del modelo, y asegurarnos de que cualquier otro par´ametro es redundante.
4. Introduccion de las ecuaciones del modelo.  
Se escriben las ecuaciones, con la ayuda de un diagrama o de una tabla.
5. Analisis de las ecuaciones.
- Debemos comprobar que su analisis da respuesta alas cuestiones planteadas. Se encuentra la solucion general.
6. Volver a examinar las hipotesis
- Se intenta simplificar el modelo.
  - Si nuestro modelo no responde a las preguntas iniciales, debemos volver a los pasos (3), (4) y (5)
7. Relacionar los resultados encontrados con hechos conocidos.
- ¿Se ha contestado al aspecto biologico?
  - ¿Estan los resultados de acuerdo con la intuicion?

Estrategia para obtener un modelo matemático.

Usar el lenguaje matemático para describir un sistema es lo que constituye un modelo matemático. No solo las ciencias naturales y las disciplinas de la ingeniería usan modelos matemáticos, sino también la biología, la economía y la sociología. Los modelos matemáticos pueden ir desde lo simple hasta lo complejo. Si quieres aprender a construir un modelo matemático, sigue leyendo este artículo.

**1.-Determina qué quieres saber.** ¿Cuál es el objetivo de crear un modelo? Haz una lista de la información que deseas encontrar al usar el modelo. Es importante que te hagas esta pregunta antes de crear el modelo o puedes terminar creando un modelo que no cumpla el objetivo.

¿Deseas predecir algo? ¿Quieres averiguar cómo regular algo? ¿Quieres hacer otra cosa?

Por ejemplo, imagina que quieras saber cuánto espacio tienes en una unidad de almacenamiento para saber cuántas cajas puedes poner en ella. Tendrás que crear

un modelo para predecir la cantidad de espacio que hay en la unidad de almacenamiento.

**2.-Determinar lo que ya sabes.** ¿Qué información ya tienes? Haz una lista de la información que ya has encontrado. Mientras haces la lista, decide qué piezas son más relevantes y qué piezas no lo son. También debes hacer una lista de cualquier información que puedes asumir basado en lo que ya sabes. Ten en cuenta que quizás debas tomar medidas para encontrar la información que necesitas. Para averiguar cuánto espacio tienes en la unidad de almacenamiento, necesitarás medir la altura, el ancho y la longitud de la unidad.

**3.-Determina los principios físicos que gobiernan el modelo que deseas crear.** ¿Debes considerar factores como la gravedad, el volumen, el tiempo, etc.? Toma nota de cualquier factor que tendrás que considerar cuando crees el modelo. Para determinar la cantidad del espacio que tienes en una unidad de almacenamiento, tendrás que encontrar el volumen. También tendrás que recordar que habrá algo de espacio desperdiciado, ya que algunos objetos pueden ser irregulares y eso dificultará aprovechar cada centímetro de la unidad de almacenamiento.

**4.- Identifica las ecuaciones que tendrás que usar para encontrar tu respuesta.** ¿Qué ecuaciones y fórmulas necesitarás para encontrar tu respuesta? ¿Cómo aplicarás estas ecuaciones y fórmulas? Asegúrate de tener una comprensión clara de cómo conectar la información que tienes en la ecuación. Para hallar el volumen de la unidad de almacenamiento, tendrás que usar la ecuación  $volumen = altura \times ancho \times longitud$ .

**5.- Averigua si otros han hecho el modelo.** No hay necesidad de volver a inventar la rueda si alguien más ha desarrollado un modelo que pueda cumplir con el objetivo que buscas. Revisa en tu libro de texto o pregunta a tu profesor. Solo recuerda asegurarte de que el modelo de alguien más funcione para tu caso. Para obtener una idea de cómo encontrar el volumen usando la ecuación que has identificado, revisa tu libro de texto o pregunta a tu profesor.

**6.-Crea un diagrama de tu modelo.** Un modelo matemático simple quizás no requiera un diagrama. Sin embargo, si creas un modelo complejo, un diagrama puede ayudar a determinar si tu modelo funcionará. Dibuja un diagrama que represente el modelo real que planeas hacer. Asegúrate de incorporar tu información al diagrama para que tengas una guía cuando crees el modelo real.

### **Modelos matemáticos usando funciones**

Las funciones son muy utilizadas para modelar matemáticamente en ingeniería, situaciones y problemas de la vida real. Para conseguir las funciones primero se establecen las variables, luego se procede a traducir del lenguaje común al lenguaje matemático, para finalmente expresar la variable dependiente en términos o en función de la variable independiente.

En esta sección trataremos solo el primer paso. De hecho, nuestra atención se enfocará a la determinación de la función o las funciones que involucran los problemas verbales. La facultad para describir las relaciones funcionales que aparecen en un problema es una habilidad matemática que importa desarrollar. Por esta razón mostraremos un ejemplo tomados en cuenta una aplicación matemática.

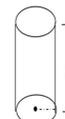
### Un Ejemplo sencillo:

Se desea construir un recipiente con la forma de un cilindro circular sin tapa con un volumen de  $24\pi$  centímetros cúbicos. El precio del material que se usa para el fondo es el triple que el del material que se usa para la parte curva. Exprese el costo del recipiente en función del radio de la base del cilindro.

Interpretación del problema.

Comenzamos por hacer un dibujo como el mostrado en la figura. Denotamos por  $r$  el radio de la base del recipiente y por  $h$  la altura (en centímetros). Como el volumen de un cilindro circular es  $v = \pi r^2 h$  el volumen del recipiente pedido es de  $24\pi$  cm<sup>3</sup>, entonces tenemos.

Esto nos da la relación  $\pi r^2 h = 24\pi$  esto nos da la relación



El costo total del recipiente es igual al costo de la parte curva más el costo de la base del cilindro. Si  $P$  denota el precio por cm. cuadrado del material que se usa para la parte curva, entonces el precio por cm. cuadrado del material que se usa para el fondo será  $3P$ . El costo de la parte curva del cilindro es igual al costo del área del rectángulo de base  $2\pi r$  y la altura  $h$ , es decir  $C_c = P(2\pi r)$ , pero  $h = \frac{24}{r^2}$ . Así

$C_c = P(2\pi r) \left( \frac{24}{r^2} \right) = \frac{48P\pi}{r}$ . El costo de la base del cilindro es  $C_b = 3P(\pi r^2)$ , por tanto,

el costo total es  $C = C_c + C_b = \frac{48P\pi}{r} + 3P\pi r^2$ .  $C = P\pi \left( 3r^2 + \frac{48}{r} \right)$ ,  $r > 0$ .

### Modelos físicos

En ocasiones los fenómenos que se desean estudiar en los estudios de ingeniería, son tan complejos, que no basta analizarlos desde el punto de vista matemático; entonces es necesario hacer uso de técnicas experimentales para obtener soluciones prácticas. Una de las dificultades que presenta la modelación matemática, es la idealización de los fenómenos, en la cual se realizan simplificaciones importantes; esta sólo puede ser valorada por medio de pruebas experimentales aplicadas a modelos físicos de escala reducida (o de tipo analógico). Las instrumentaciones apropiadas de los ensayos en los modelos construidos, suelen arrojar óptimos resultados en cuanto a funcionalidad, estabilidad y economía, dentro de un rango aceptable de certidumbre. Estos resultados son producto de un programa amplio de investigación experimental sobre todas las variables que intervienen. Lo anterior se realiza para verificar la validez de las soluciones analíticas, determinar relaciones entre las variables involucradas y con

ello optimizar la eficiencia de cada elemento del sistema modelo-prototipo cuando es posible establecer modelos matemáticos complementarios.

La aplicación de cualquiera de los dos tipos de modelos, físicos o matemáticos, en ingeniería es evidentemente y tienen sus limitaciones, mismas que van a depender de la complejidad del problema en la intervención de las variables y sus fronteras a tratar, siendo en algunos casos los modelos matemáticos los más apropiados.

### Modelos físicos reducidos

El uso de los modelos físicos a escala reducida, implica que éstos deben ser semejantes al prototipo, para el cual debe satisfacerse las leyes de similitud Geométrica, Cinemática y Dinámica, que en conjunto relacionan las magnitudes físicas homólogas definidas entre ambos sistemas, el prototipo  $A_p$  y el modelo  $A_m$ .

Características:

- a) Debe cumplir con similitud geométrica: igualdad de relación entre longitudes homólogas
- b) Debe cumplir con similitud cinemática: relación invariante entre los desplazamientos en puntos homólogos.
- c) Debe cumplir con similitud dinámica: implica igual relación de las fuerzas dinámicas en puntos homólogos.

Esto basado en la teoría de similitud, establecida por Kline: "Si dos sistemas obedecen al mismo grupo de ecuaciones y condiciones gobernantes, y si los valores de todos los parámetros y las condiciones se hacen idénticas, los dos sistemas deben de exhibir comportamientos similares con tal de que exista una solución única para el grupo de ecuaciones y condiciones".

Ahora hablaremos de cómo crear un modelo matemático, mediante ecuaciones diferenciales, para esto tenemos un fenómeno que estamos estudiando y quisiéramos ese fenómeno modelarlo mediante una ecuación diferencial, esto lo aremos mediante un par de ejemplos, lo primero que debemos saber es dominar el lenguaje de funciones y derivadas es un requisito importante.

Plantaremos un ejemplo sencillo con alguna determinada población de especies de animales por ejemplo díganoslo así una población de leones, supongamos que estamos midiendo la cantidad de leones que hay en una región de algún país de África, y quisiéramos saber cuántos leones habrá conforme va pasando el tiempo.

En este caso tenemos un fenómeno que va cambiando conforme va avanzando el tiempo, este tipo de fenómenos son los que se pueden modelar mediante una ecuación diferencial, estas mismas se usan en fenómenos en las cuales una cantidad cambia conforme el tiempo avanza. Aquí lo primero que hay que hacer es escribir una función que es lo que nos va ayudar a encontrar la cantidad de leones conforme avanza el tiempo, lo podemos representar como  $p(t)$  esta es una función llamada  $p$  y que depende de la variable  $t$  que representa al tiempo, tenemos que dejarlo claro y de la siguiente manera.

*sea  $p$  numero de animales (miles)*

*$t =$  tiempo (años)*

Ahora si  $p(2) = 32$  esto lo interpretamos en

términos de lo que escribimos anteriormente, cuando decimos  $p(2)$  es dos años ,

es decir desde que comenzamos a medir en dos años tenemos una población de 32, quiere decir que hay 32 mil animales cuando han transcurrido dos años. Desde que se ha estudiado esa población, entonces  $p(0)$ , significaría la población con la que iniciamos cuando se empezó el estudio de la población de animales, otro punto que debemos saber interpretar en estos casos es la derivada de la función generada la cual iremos tomando para modelar esa población en este caso la derivada de  $p$  respecto de  $t$ , tendremos en cuenta que esta se debe de interpretar como la razón de cambio de una función respecto de la variable de dicha función, que en este caso es la razón de cambio de la población respecto del tiempo, esto se representa como

$p'(t) = \frac{dp}{dt}$  esto representa la velocidad con la que cambia la población. De esta manera cuando tengamos una población de 32000 tendremos una velocidad de crecimiento o decrecimiento, si tuviéramos que la derivada de  $p(2) = 2$ , entonces  $p(2)$  representa los años, decimos que el valor de la derivada en  $p$  es igual a 2, ahora bien podríamos tener una cantidad negativa como se muestra a continuación  $p(6) = -5$ , esto significaría que transcurridos 6 años la población decrece a un ritmo de 5000 animales por año. Es decir una derivada positiva significa que hay una velocidad de crecimiento, mientras que una cantidad negativa significa que hay un decrecimiento, ósea que va reduciéndose, con todo lo anterior ya podemos empezar a crear algún modelo para la población de animales, para esto necesitamos conocer algún echo respecto a esa población, esto lo podemos obtener a partir de la observación de la población, por ejemplo el comportamiento durante algunos meses o algunos años, tenemos que registrar esos datos y de ahí partiremos si nuestra población en estudio, crece o decrece y podemos ver cuál es su ritmo, y posteriormente construiremos una ecuación que nos permitirá predecir cómo se comportara esa población en los próximos años. Algo que podría ser razonable para alguna poblaciones podría ser lo siguiente, que la población aumente a una velocidad que es directamente proporcional al número de animales, de esta manera cuando se dice que una cantidad es directamente proporcional a otra cantidad significa que si la primera cantidad aumenta la segunda cantidad también aumenta en el mismo ritmo, es decir que si la primera cantidad se convierte en el doble entonces la segunda cantidad se convertirá en el doble, esto en caso de poblaciones quiere decir que si por ejemplo tenemos una cantidad de 2000 animales. La velocidad de crecimiento va hacer la doble que si tuviéramos 1000 animales, el problema surge cuando queremos representarlo como una ecuación matemática.

Aquí debemos recordar lo que en sus inicios se ve en algebra

$p'(t)$ : velocidad con la que crece la poblacion

$A$  es directamente proporcional a  $B \leftrightarrow A = kB$ . Donde

$p(t)$ : Numero de animales

Esto se expresa de la siguiente manera  $p'(t) = Kp(t)$ , esto ya es una ecuación diferencial (1)

También la podemos escribir de esta otra manera  $\frac{dp}{dt} = kp$ , esto es una ecuación diferencial separable que podemos resolver de una manera muy sencilla. De esta ecuación surge una pregunta. Este modelo resulta ser un modelo preciso? este modelo describe bien cómo se comporta una población a través del tiempo?, podríamos predecir cuantos animales habrá dentro de un siglo?, estos detalles resultan siempre tener que tomarse en cuenta para este tipo de problemas, sabemos que no describen al 100% de la realidad, son modelos que se aproximan en cierta forma a lo que tenemos, este modelo puede resultar ser útil para cierto periodo de tiempo, y de la misma manera siempre tendremos algún margen de error pero si nos da una cierta información o idea de su comportamiento, un modelo más preciso debería tomar en cuenta la velocidad con la que crece una población y hay entran otros factores como la disponibilidad de alimentos, espacios donde se encuentran, enfermedades o depredadores etc., si nosotros quisiéramos colocar todos estos elementos podríamos representarlas como variables, pero tendríamos ecuaciones diferenciales sumamente complejas que no podríamos resolver con ordenadores de alta tecnología. Entonces debemos de tomar en cuenta ciertas consideraciones dentro de este modelo que sean las más significativas para obtener buenas y mejores aproximaciones a lo que se está estudiando.

### **Ventajas y Desventajas del Uso de Modelos en Ingeniería**

Existen múltiples ventajas en el uso de modelos como herramientas poderosas para la toma de decisiones. Las principales son:

- Consideración de aspectos fundamentales del sistema que serían muy difíciles o imposibles de analizar sin la ayuda de los modelos;
- Definición precisa de los objetivos, estructura y restricciones del sistema;
- Definición de parámetros, costos e indicadores de eficiencia que recogen los aspectos más relevantes para el análisis del sistema bajo estudio;
- Evaluación sistemática de alternativas;
- Rápida respuesta de análisis de sensibilidad, los cuales de otra forma serían demasiado dificultosos o imposibles.

Por el contrario, existen también algunas desventajas que deben ser evaluadas antes de emprender la tarea de formulación de un modelo para la solución de un problema. Ellas son:

- Requerimiento y recolección de conjuntos de datos muy extensos y, en general, con altas exigencias en su grado de precisión;
- Requerimiento de conocimientos altamente especializados para su formulación, solución y análisis de resultados;
- Necesidad de disponer de sistemas de computación y programas complejos y costosos; • Requerimiento de tiempos de solución muy largos, los cuales pueden en algunos casos puede resultar prohibitivos.
- Requerimiento de tiempos de solución muy largos, los cuales pueden en algunos casos puede resultar prohibitivos.

A pesar de estas desventajas potenciales, cuando se emprende la tarea de modelar una situación real y se identifican los aspectos básicos a ser involucrados

en el modelo con la información requerida necesaria, las ventajas potenciales superan ampliamente cualquier dificultad que se encuentre.

## Conclusiones

Uno de los aspectos básicos de la modelación matemática en ingeniería, es el de considerar el suficiente grado de abstracción de la realidad, de tal forma que el modelo tenga el suficiente realismo, contra la posibilidad de que sea resuelto en un tiempo de computación aceptable. El arte de modelar consiste precisamente en identificar las características fundamentales del sistema a ser involucradas en el modelo y en diseñar modelos que permitan ser resueltos en forma eficiente. Desde este punto de vista es tan importante y fundamental formular un modelo, como encontrar sus soluciones en un tiempo computacional aceptable, para después analizarlas e implementar las que se consideren mejores. La formulación de modelos debe ser un proceso progresivo, donde inicialmente se formule un modelo de poca elaboración y luego se refine gradualmente hasta obtener el equilibrio mencionado anteriormente. Generalmente, es un error tratar de formular en el inicio del proceso el modelo más complejo y elaborado. Los modelos deben siempre considerarse como un soporte o ayuda para la toma de decisiones y nunca como el reemplazo de las personas que toman las decisiones. Si se formula un modelo pensando que sus resultados van a resolver todos los problemas de decisión y van a ser implementados “a ojos cerrados,” se cae en un grave error que puede traer consecuencias impredecibles. Existen en la realidad muchos factores que no pueden ser involucrados en modelos matemáticos y que sólo los grupos de personas que toman las decisiones pueden evaluar. Por lo tanto, desde este punto de vista, los modelos son una poderosa herramienta para este proceso, pero no el fin mismo de la decisión.

## Referencias

1. Bravo, A., Castañeda, L., Hernández, L. y Hernández, L.A. (2016). Enseñanza de las matemáticas en ingeniería: modelación matemática y matemática contextual. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), 27-31. Recuperado de <https://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/601/283>
2. Brito, M., alemán, I., fraga, E., para, J. y arias, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 129-139. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v14n2/im05211.pdf>
3. Camarena, P. (2009). La matemática en el contexto de las ciencias. *Innovación Educativa*, 9(6), 15-25. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1794/179414894003.pdf>
4. Barbosa, J. C. (2006). Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. *ZDM*, 38 (3), 293-301.
5. Bassanezi, R. (2002). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto.
6. Biembengut, M., & Hein, N. (2004). Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática. *Educación Matemática*, 16 (002), 105-125.
7. Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H.-W., & Niss, M. (Eds.). (2007). *Modelling and applications in mathematics education. The 14th ICMI Study*. New York: Springer.
8. Borromeo, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38 (2), 86-95.

9. MECD. (2014). Borrador de real decreto. Anexo I, Troncales. Matemáticas. Recuperado de <http://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/participacionpublica/cerrados/2013/curriculo-basico.html>
10. OECD. (2013). PISA 2012 Assessment and Analytical Framework Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy. OCDE Publishing. doi: /10.1787/9789264190511-en
11. N.C.T.M. (2003): Principios y Estándares para la Educación Matemática. Sevilla: S.A.E.M. Thales (Trad. Al castellano de Principles and Standards for School Mathematics (NCTM, 2000)).

## ERRORES MATEMÁTICOS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

**D. Ochoa-Vásquez<sup>1</sup>, F. Espín-González<sup>1</sup>, L. E. Rueda-Mata<sup>1</sup>, L. Zavaleta-Avejar<sup>1</sup>, E. López-Duran<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[deyanira.ov@itzacatepec.edu.mx](mailto:deyanira.ov@itzacatepec.edu.mx), [faustino.eg@itzacatepec.edu.mx](mailto:faustino.eg@itzacatepec.edu.mx),  
[lauraelena.rm@itzacatepec.edu.mx](mailto:lauraelena.rm@itzacatepec.edu.mx), [leonor.za@itzacatepec.edu.mx](mailto:leonor.za@itzacatepec.edu.mx), <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería  
en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[enrique.ld@itzacatepec.edu.mx](mailto:enrique.ld@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** El presente artículo se refiere a la identificación de algunos de los errores matemáticos que cometen los estudiantes de ingeniería, al realizar los procedimientos para resolver ejercicios y problemas en asignaturas como cálculo diferencial, balance de materia y energía, termodinámica, procesos de separación I y fenómenos de transporte II, entre otras.

### Introducción.

La matemática es la ciencia fundamental para comprender otras disciplinas de tipo científico. Ninguna otra disciplina posee, en un grado profundo y preciso el factor de la abstracción, como las matemáticas. Esto ha permitido su desarrollo en dos vertientes, como ciencia en sí misma y como ciencia auxiliar en otras disciplinas.

El estudio de los errores en el aprendizaje de las matemáticas ha sido de interés permanente para diferentes investigadores y se ha caracterizado por aproximaciones e intereses diversos. Se ha considerado a Wiener como el fundador de la investigación didáctica orientada al estudio de los errores, él trató de establecer patrones de errores que explicaran las equivocaciones individuales de los estudiantes en todas las materias y para todos los grupos de edades escolares (Rico, 1995).

Otros investigadores se preocuparon por clasificar los errores para permitir a los profesores una modificación de las estrategias de enseñanza, con la intención de tornar las más eficaces, mientras tanto se procuraba dotar a los estudiantes de medios que permitieran alcanzar la verdad absoluta y se evitaran los errores. Cury (1994) critica esta postura, argumentando que las experiencias son realizadas en laboratorios y en salas de clases bajo condiciones especiales y previamente planeadas, donde se les solicita a los estudiantes dar respuesta a un problema o hacer algunos cálculos, sin tener en cuenta si para ellos es algo cotidiano o tienen otras formas de resolver el problema, por lo que los investigadores pierden la oportunidad de observar al estudiante como ser humano. En síntesis, las investigaciones de análisis de errores se pueden agrupar en dos: la superación del error a través de su eliminación y a través de la exploración de sus potencialidades.

### Fundamento Teórico

Todas las teorías sobre la enseñanza y aprendizaje de la matemática coinciden en la necesidad de identificar los errores de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, determinar sus causas y organizar la enseñanza teniendo en cuenta

esta información. Por lo que el profesor debe ser sensible a las ideas previas de los estudiantes y utilizar algunas técnicas para lograr el aprendizaje.

### 1.1 Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.

Desafortunadamente en la enseñanza y aprendizaje de la matemática existen varias dificultades que son potencialmente generadoras de errores que, Di Blasi Regner y otros (2003) las agrupan en cinco categorías. Dificultades asociadas a: la complejidad de los objetos matemáticos; los procesos de pensamiento matemático, los procesos de enseñanza, al desarrollo cognitivo de los estudiantes, y las actitudes afectivas y emocionales.

### 1.2 Características de los errores.

El error puede presentarse de cuatro formas de acuerdo a Brousseau, David y Werner (citados en Rico 1995). Son algunas veces el resultado de grandes concepciones inadecuadas acerca de aspectos fundamentales de las matemáticas. Frecuentemente se presentan como resultado de la aplicación correcta y crédula de un procedimiento imperfecto sistematizado. También pueden presentarse cuando el alumno utiliza procedimientos imperfectos y posee concepciones inadecuadas. Los alumnos con frecuencia inventan sus propios métodos, no formales.

### 1.3 Categorías de errores.

Radatz (1980), propone una categorización de los errores, él considera que según la causa son: dificultades del lenguaje, dificultades para obtener información espacial, aprendizaje deficiente de hechos, destrezas y conceptos previos, asociaciones incorrectas o rigidez del pensamiento, por perseveración, de asociación, de interferencia, de asimilación, y de aplicación de reglas o estrategias irrelevantes.

### 1.4 Clasificación empírica de los errores.

Mavshovitz-Hadar, Zaslavksy e Invar (citados en Rico, 1995) hacen una clasificación empírica de los errores, sobre la base de un análisis constructivo de las soluciones de los estudiantes realizada por expertos, determinan seis categorías:

1.- Datos mal utilizados. Se incluyen aquí aquellos errores que se han producido por alguna discrepancia entre los datos que aparecen en una cuestión y el tratamiento que le ha dado el alumno.

2.- Interpretación incorrecta del lenguaje. Se incluye en este caso los errores debido a una traducción incorrecta de hechos matemáticos descritos en un lenguaje simbólico a otro lenguaje simbólico distinto.

3.- Inferencias no validas lógicamente. Incluye aquellos errores que se producen por falacias de razonamiento, y no se deben al contenido específico.

4.- Teoremas o definiciones deformados. Son aquellos errores que se producen por deformación de un principio, regla o definición identificable.

5.- Falta de verificación en la solución. Los errores que se presentan cuando cada paso en la realización de la tarea se considera correcto, pero el resultado final no

es la solución de la pregunta planteada; si el estudiante hubiese contrastado la solución con el enunciado, el error podría evitarse.

6.- Errores técnicos. Son los errores de cálculo, errores al tomar datos de una tabla, errores en la manipulación de símbolos algebraicos y otros derivados de la ejecución de algoritmos básicos.

### Resultados y Discusión

Con base en el fundamento teórico de la investigación, se muestran los errores matemáticos que realizan algunos de los estudiantes de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Zacatepec.

En la tabla 1, se muestra un ejercicio en el que se debe despejar la variable  $x$ , como se observa en la tabla, el estudiante 1, inicia bien el procedimiento, el término que esta dividiendo lo pasa multiplicando, pero olvida colocarle un paréntesis por lo que en el siguiente paso comete el error de pasar un término que está sumándose y multiplicado por otro, restando. El estudiante 2, desde el inicio comete el error de subir el término que está dividiendo, a la parte del numerador y multiplicar uno de los términos, posteriormente realiza una simplificación de un término cuando éste está dividiendo a dos. El tercer estudiante comete al inicio el mismo error que el estudiante 3, sin tomar en cuenta a la variable  $y$ , después despeja el número dos como si fuera un término independiente. El estudiante 4, comete el error de pasar un término que se está sumando con otro, dividiendo y además restando al otro miembro. Como se observa los estudiantes tienen definiciones deformadas de las reglas algebraicas, lo que les impide realizar correctamente el despeje de la variable  $x$ . Desafortunadamente esta deformación la siguen teniendo durante el desarrollo de sus estudios. Esto lo observamos en asignaturas posteriores.

**Tabla 1.** Despeje de variables.

Despejar a $x$ de la siguiente función $y = \frac{2x}{3x + 2}$	Estudiante 1.	Estudiante 2.
	Estudiante 3.	Estudiante 4.

En la tabla 2, se muestran algunos errores al evaluar un límite. El estudiante 1, comete un error en las propiedades de los radicales y posteriormente en la división, al parecer divide la  $x$  del numerador entre la del denominador y le queda el uno. El

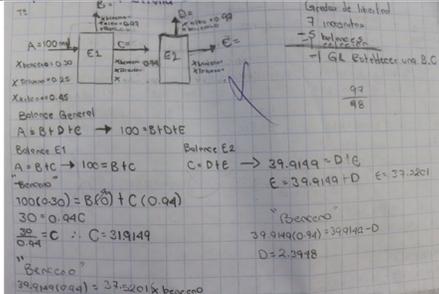
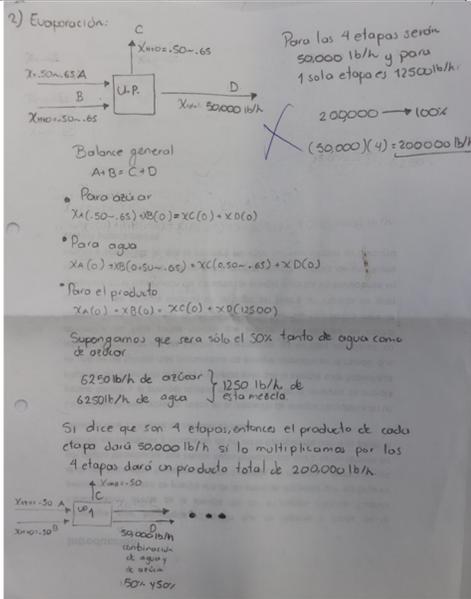
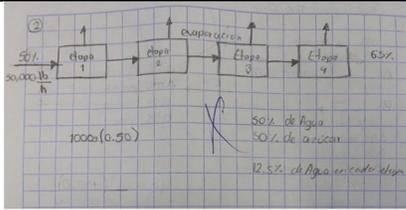
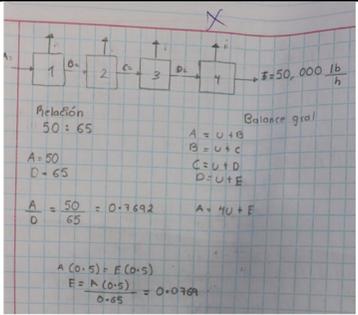
estudiante 2, no continúa con la resolución del límite debido quizá, a que no recuerda la racionalización y la factorización de la diferencia de cubos. El estudiante 3, realiza una división entre los números incorrecta. En este ejercicio observamos que las concepciones que tienen los estudiantes de las reglas algebraicas son erróneas, por lo que no aplican correctamente las propiedades de los radicales, la división y simplificación.

Tabla 2. Obtención de límites.

Evaluar el límite $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^3 - 1}{\sqrt{x} - 1}$	Estudiante 1. 
	Estudiante 2. 
	Estudiante 3. 

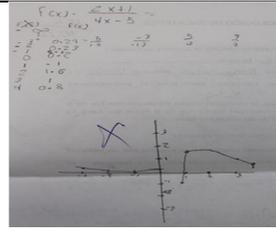
En la tabla 3, el estudiante 1, desde la elaboración del diagrama, se observa que no comprende el enunciado, debido a que en el enunciado del ejercicio se mencionan cuatro etapas y él coloca dos, por lo que no resuelve correctamente el ejercicio. El estudiante 2, coloca una unidad de proceso, siendo que en el enunciado menciona que son cuatro; el estudiante 3 a diferencia de los otros dos si comprende que son cuatro etapas, pero después de eso ya no sabe qué hacer, probablemente porque no comprende el resto del ejercicio. El estudiante 4, si coloca las cuatro unidades de proceso, pero realiza unas relaciones que no se describen en el enunciado. Como observamos el no comprender el enunciado, hace que los estudiantes no continúen con la solución del ejercicio.

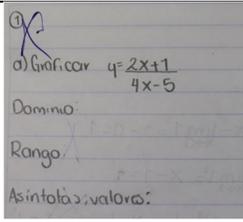
**Tabla 3.** Ejercicio de balance de materia.

<p>En un proceso de evaporación de cuatro etapas se concentra una solución con 50% en peso de azúcar hasta 65% en peso, evaporando cantidades iguales de agua en cada una de las etapas. Para una alimentación total de 50,000 lb/h. Determine las concentraciones de las corrientes intermedias.</p>	<b>Estudiante 1.</b>	<b>Estudiante 2.</b>
		
	<b>Estudiante 3.</b>	<b>Estudiante 4.</b>
		

En la tabla 4, se muestra un ejercicio en donde se pide graficar, obtener las asíntotas, el dominio y el rango de una función, pero se plantea el ejercicio en forma de texto. El estudiante 1, coloca una tabulación y hace una gráfica, pero no comprende que más tiene que hacer. El estudiante 2, coloca el ejercicio y las preguntas, pero no hace nada. Lo que posiblemente indica que no comprende el enunciado.

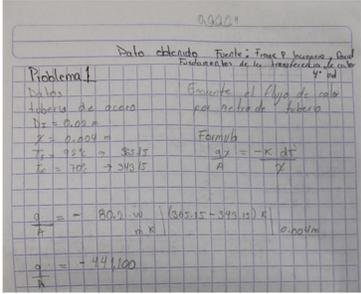
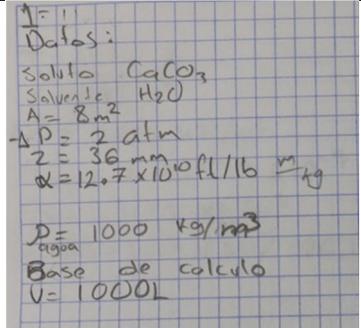
**Tabla 4.** Asíntotas, dominio y rango.

<p>En un viaje de <math>d</math> millas hacia otra ciudad, la velocidad media de un camión fue de <math>x</math> millas por hora. En el viaje de regreso, su velocidad media fue de <math>y</math> millas por hora. La velocidad media del viaje de ida y vuelta fue de 50 millas por hora.</p> <p>a) Graficar, y contestar las siguientes preguntas:</p>	<b>Estudiante 1.</b>
	

<p>¿cuál es el dominio?, ¿cuál es el rango?, ¿Cuántas asíntotas hay y cuáles son sus valores?</p> <p>b) Calcule el límite de la función anterior cuando <math>x</math> tiende a infinito.</p>	<p style="text-align: center;">Estudiante 2.</p> 
---	---

En la tabla 5 se muestra un ejercicio de la asignatura de Fenómenos de Transporte II, en donde se observa que el estudiante no comprende el enunciado. También se muestra un ejercicio de procesos de separación 1, en donde el estudiante no comprende el enunciado y solo coloca los datos y no resuelve el ejercicio. Por lo que podemos decir que uno de los mayores problemas que tienen los estudiantes, es, que no comprenden lo que leen, siendo éste el primer obstáculo para que resuelvan los ejercicios o problemas.

**Tabla 5.** Ejercicios de fenómenos de transporte II y procesos de separación 1.

<p>Fenómenos de transporte II</p> <p>Una tubería de acero con diámetro interno de 2 cm y un espesor de 0.4 cm tiene una temperatura interna de 92 °C y una externa de 70 °C. Encuentre el flujo de calor por metro de tubo.</p>	<p style="text-align: center;">Estudiante 1.</p> 
<p>Procesos de separación I.</p> <p>Una suspensión de CaCO<sub>3</sub> en H<sub>2</sub>O, ha de filtrarse en un filtro prensa que tiene un área total de 8 m<sup>2</sup> y que operará con una caída de presión constante de 2 atm. El espesor de los marcos es de 36 mm. Suponga que la resistencia del medio filtrante en el filtro prensa grande es la misma que en el filtro de laboratorio <math>\alpha=12.7 \times 10^{10}</math> ft/lb. Calcule el tiempo de filtración requerido y el volumen del filtrado que se obtendrá en un ciclo.</p>	<p style="text-align: center;">Estudiante 3.</p> 

Consideramos mostrar estos errores, porque son básicos para que un estudiante se desarrolle en sus cursos iniciales de matemáticas, así como en los básicos de su carrera, en la resolución de ejercicios y problemas.

## Conclusiones

Los errores descritos han de permitir obtener algunos resultados que favorecen la discusión y elaboración de propuestas de solución. Hemos encontrado que la detección de los errores plantea un gran número de problemas. Cada concepto que se desee enseñar suele apoyarse en nociones más elementales y se resiste el aprendizaje si no se antecede por un sólido entendimiento y articulación de nociones y conceptos previos, lo cual es necesario, pero no suficiente, lo evidenciamos todos los días en las aulas de clase, y en los errores persistentes en los exámenes y evaluaciones.

## Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Zacatepec, al departamento de Ingeniería Química y Bioquímica y especialmente a los estudiantes que participaron en la investigación.

## Referencias

- 1.- Cury, H. (1994). As concepções de matemática dos professores e suas formas de considerar os erros dos alunos. Tesis de Doctorado en Educación. Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 2.- De la Torre, S. (1993). *Aprender de los errores*. Escuela Española. España. pp. 116-195.
- 3.- Di Blasi Regner, M. y Otros (2003). Dificultades y Errores: Un estudio de caso. Comunicación breve presentada en el II Congreso Internacional de Matemática Aplicada a la Ingeniería y Enseñanza de la Matemática en Ingeniería (Buenos Aires, diciembre 2003).
- 4.- Radatz H. (1980). Students' Errors in the Mathematical Learning Process: a Survey. For the Learning of Mathematics. Vol. 1 (1), pág. 1-20.
- 5.- Rico, L. (1995). Errores en el aprendizaje de la Matemática. En Kilpatrick Jeremy, Gómez Pedro y Rico Luis (Editores) Educación Matemática. México: Grupo Editorial Iberoamérica, pp. 69 – 108.

## VINCULACIÓN ENTRE LA TRIPLE HÉLICE MEDIANTE EL PROGRAMA DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

**M.L. Acosta-Miranda<sup>1</sup>, A. Alday\_Chávez<sup>2</sup>, Y. Hernández-Tamayo<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>Coordinación de Posgrado del TecNM/Instituto Tecnológico de Cuautla [monica.acosta@itcuautla.edu.mx](mailto:monica.acosta@itcuautla.edu.mx), <sup>2</sup>Dirección del TecNM/Instituto Tecnológico de Cuautla [direccion@itcuautla.edu.mx](mailto:direccion@itcuautla.edu.mx), <sup>3</sup>Subdirección de Planeación del TecNM/Instituto Tecnológico de Cuautla [sub.planeacion@itcuautla.edu.mx](mailto:sub.planeacion@itcuautla.edu.mx), Libramiento Cuautla s/n, Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos, México.

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** El Instituto Tecnológico de Cuautla perteneciente al Tecnológico Nacional de México, oferta 6 programas educativos en ingeniería y una licenciatura. Su matrícula en el ciclo escolar 2017-2018 fue de 2698 estudiantes. Su programa de desarrollo establece la importancia de fortalecer la vinculación entre la escuela-empresa, y entre otros, se realiza a través de la Residencia Profesional. Se realizó un estudio descriptivo para caracterizar la vinculación de sus 6 programas educativos por residencias profesionales. El trabajo se estructuró en tres áreas principales: análisis de la información generada por el sistema de administración escolar, para el periodo 2012-2017, en relación a las Residencias Profesionales, la alineación de los proyectos de Residencia Profesional a las Líneas de investigación autorizadas para cada uno de los programas educativos, así como encuestas a egresados y encuestas a empleadores respecto al mismo tema. Los resultados indicaron que se realizaron un total de 1,363 residencias profesionales para dicho periodo. Las organizaciones donde se desarrollaron un mayor número de proyectos fueron: Continental Automotive, Instituto Tecnológico de Cuautla, Ayuntamiento de Cuautla, PEMEX y CENIDET. Respecto al análisis sobre la relación existente entre los proyectos de Residencia Profesional y las Líneas de investigación autorizadas por el TecNM para cada uno de los Programas educativos se puede concluir que existe una gran relación entre ambos. El 82% de los empleadores considera bueno y muy bueno el desempeño de los egresados y el 30% de los egresados se encuentra realizando actividades relacionadas al 100% con su profesión.

### Introducción

Las empresas, en conjunto con las Instituciones de Educación Superior (IES), han manifestado que la vinculación entre gobierno, universidad y empresa está tomando importancia en el intercambio de conocimientos y de relaciones, propiciando un ambiente donde esta vinculación es considerada como parte del desarrollo de un país, generando nuevos conocimientos.

El objetivo del modelo de la Triple Hélice es la identificación de los mecanismos específicos y las relaciones institucionales, a través de la cual, este nuevo proceso de vinculación, se lleva a cabo. Etzkowitz (2002), afirma que los nuevos arreglos sociales y canales de interacción son necesarios si la industria y el gobierno están unidos por las IES en economías basadas en el conocimiento.

El Tecnológico Nacional de México (TecNM), en el Instituto Tecnológico de Cuautla, actualmente ofrece 6 programas de nivel licenciatura: (1) Ingeniería en Sistemas Computacionales, (2) Ingeniería Electrónica, (3) Ingeniería Mecatrónica, (4) Ingeniería Industrial, (5) Ingeniería en Gestión Empresarial, y (6) Contador Público, además de la Maestría en Ingeniería Administrativa.

El Tecnológico Nacional de México en su Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018, en su objetivo 5. Consolidar la vinculación del TecNM con los

sectores público, social y privado, establece estrategias orientadas a fortalecer la vinculación institucional con asociaciones, gobiernos, iniciativa privada e interinstitucional, así como para emprender acciones que faciliten la incorporación de egresados al mercado laboral (TECNM, 2014).

En consecuencia, el Instituto Tecnológico de Cuautla, establece en su Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018 (PIID-ITC) su compromiso de realizar acciones encaminadas a la mejora de la vinculación escuela-empresa con el objetivo de contribuir al desarrollo económico y social, así como mejorar la inserción de los egresados al entorno laboral (ITC, 2015).

En el año 2015, el Instituto Tecnológico de Cuautla reestructuró el Consejo de Vinculación como estrategia para fortalecer el acercamiento y trabajo conjunto entre el plantel y los sectores público, social y privado. En ese momento se firmaron 48 convenios de colaboración con diversas empresas del Estado y año con año se ha incrementado esa cifra. Mediante el esquema de residencias profesionales se incorporaron a proyectos, en estas y otras organizaciones, 256 estudiantes, 109 en el semestre enero-junio y 147 en el semestre agosto-diciembre (ITC, 2016).

Dentro de los planes de estudio de todos los Programas educativos de los institutos tecnológicos se tiene contemplado, como una estrategia educativa de carácter curricular, que los estudiantes realicen un proyecto, denominado Residencia Profesional, 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* (TecNM, 2015).

Considerando que la realización de estos proyectos se convierten en uno de los principales mecanismos de vinculación empresa-escuela se consideró necesario efectuar un análisis que permita determinar hasta qué punto se está logrando cumplir con los objetivos establecidos en los planes institucionales por lo que, en este proyecto se realizó un análisis de los proyectos de residencias profesionales, realizadas por los estudiantes del Instituto Tecnológico de Cuautla, en el periodo comprendido entre el año 2012 y 2017, clasificadas por categorías:

- Organizadas en periodos anuales, por empresa en donde se realizó, por sector de impacto y por entidad Federativa.
- Concentrado general de las residencias profesionales como un panorama general del impacto que tiene el Instituto Tecnológico de Cuautla en su región de influencia.
- Relación de cada uno de los trabajos con las Líneas Generales de Aplicación del Conocimiento (LGAC) de cada uno de los Programas Educativos.
- Opinión de empleadores y egresados sobre el impacto y la contribución del Programa de Residencias en el sector empresarial.

En síntesis, el presente documento es un resumen del análisis de las acciones específicas con las que ha contribuido el IT de Cuautla para atender los compromisos contraídos por la Institución para abonar a la consecución de los objetivos definidos el Programa Sectorial de Educación 2013-2018 y con ello aportar en el eje “Educación con Calidad” del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2012-2018, contribuyendo específicamente al desarrollo del estado de Morelos.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

El término vinculación enfatiza la relación existente principalmente entre las IES con empresas del sector productivo del país y otro tipo de organismos, no solo de capital privado, lo que ha generado algunos cambios desde el ámbito social y político y contribuido al mejoramiento continuo de los sistemas tradicionales, ya que es la vinculación un mecanismo que favorece el desarrollo económico y social.

La vinculación es un proceso dinámico y cambiante, que se plantea como un nuevo paradigma entre los tres elementos de la Triple Hélice, tal como se señala en el modelo propuesto por Henry Etzkowitz junto con Loet Leydesdorff hace 17 años, modelo que integra como sistema a las empresas, las IES y el Gobierno para producir ciencia, tecnología y desarrollo.

En una entrevista realizada por Portafolio (Alonso López, 2014) al estadounidense Henry Etzkowitz menciona que el principal beneficio del modelo de la triple hélice es la creación de nuevas empresas y nuevos puestos de trabajo mediante la colaboración y el complemento entre Estado, empresas y universidades en donde el Estado proporciona recursos; la institución, conocimientos, y las empresas aportan los productos. El resultado es que, mediante la colaboración, se pueden generar mayores beneficios para la sociedad, no solo para desarrollo de tecnología sino para solucionar problemas de inclusión social. Indica que con este modelo se puede generar nuevo conocimiento y, además, las sociedades atinan a resolver problemas sociales, como ha ocurrido en diversos países de América y Europa.

En el Tecnológico Nacional de México la relación empresa-institución educativa se ha venido dando desde hace muchos años a través de la realización de Residencias Profesionales, con lo que los estudiantes están obligados a cursar un semestre en empresa, con asesores docentes y asesores en el sector laboral. (TecNM, 2015).

En este esquema de vinculación y de acuerdo al Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México, Planes de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales (2015), específicamente en su Capítulo 12: Lineamiento para la operación y acreditación de la Residencia Profesional, señala: *el proyecto de residencia profesional puede realizarse de manera individual, grupal o interdisciplinaria; dependiendo de los requerimientos, condiciones y características del proyecto de la empresa, organismo o dependencia. La residencia profesional puede ser realizada a través de proyectos integradores, bajo el esquema de educación dual, entre otros.*

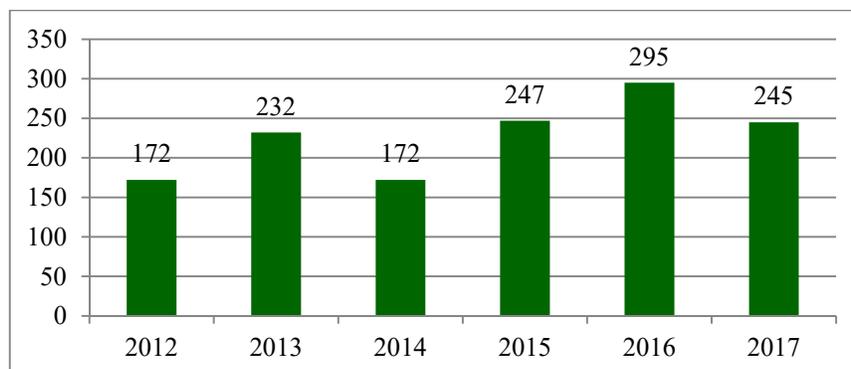
Por otra parte, todo programa de Licenciatura de los Institutos Tecnológicos debe contar con un máximo de 3 líneas de investigación seleccionadas, mediante un trabajo colegiado, del Catálogo de Líneas de Investigación del TecNM y posteriormente registradas ante la Dirección de Posgrado, Investigación e Innovación (TecNM, 2017). Se recomienda que los proyectos de residencia profesional se encuentren orientados a estas líneas de investigación, sin que esto sea excluyente, ya que se pretende que esta actividad permita generar proyectos que puedan ir más allá de la Residencia Profesional beneficiando a quienes conforman la Tripe Hélice.

Relacionar las actividades académicas con la realidad empresarial aumenta las fuentes disponibles para Investigación y Desarrollo, permitiendo generar colaboraciones orientadas al mercado y producción e innovaciones dentro de un

contexto que favorece su aplicación (López, 2019) por lo que también es importante conocer la opinión de los empleadores y de quienes realizaron en su momento residencias profesionales y se han incorporado ya al sector laboral.

## Resultados y Discusión

Al extraer la información de la base de datos, se obtuvieron un total de 1369 registros. Por año, la distribución es la siguiente: 172 correspondieron al año 2012, 232 al año 2013, 172 del año 2014, 247 del año 2015, 295 del año 2016 y 245 del año 2017. La representación de la distribución anual se muestra en la figura 1.



**Figura 8.** Residencias Profesionales por año (elaboración propia).

En lo que respecta a las organizaciones, se identificaron un total de 357 empresas en las cuales se realizaron las residencias profesionales. La organización con mayor número de residentes es Continental Automotiva Mexicana con 168 proyectos, el Instituto Tecnológico de Cuautla con 89 proyectos y el Ayuntamiento de Cuautla, con 57 proyectos, los detalles se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 3.** Distribución de residencias profesionales por organización (elaboración propia).

Empresa	Residencias Profesionales
Continental Automotiva Mexicana	168
IT Cuautla	89
H. Ayuntamiento de Cuautla	57
PEMEX	50
Fideicomiso Ingenio Casasano	46
CENIDET	35
Casimires Burlmex	33
Comisión Federal de Electricidad	31
Embotelladora Las Margaritas	30
Nissan Mexicana	25
Alucaps Mexicana	24
Saint-Gobain Sekurit México	22
Cone Denim Yecapixtla	20
Otras	733
<b>Total</b>	<b>1363</b>

En el año 2017 el TecNM se dió a la tarea de diseñar un catálogo de Líneas de investigación para los diversos programas educativos que se ofertan en sus Institutos con la finalidad de que sirvieran de guía para la realización de sus diferentes proyectos, incluidos residencias profesionales. Cada una de las

academias fue la responsable de elegir cuáles resultaban ser las más adecuadas a las necesidades del entorno. Con base en el análisis realizado, los proyectos de residencias profesionales de acuerdo a cada línea de investigación se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Distribución de residencias profesionales por línea de investigación (elaboración propia).

<b>Programa Académico</b>	<b>Línea de Investigación</b>	<b>Proyectos</b>
Contador Público:	Contabilidad integral para el sector empresarial y gubernamental	41
	Responsabilidad social empresarial	15
	Otros	26
Ingeniería en Gestión Empresarial	Emprendimiento y Start Up	12
	Innovación y administración del Capital intelectual	112
	Otros	51
Ingeniería Mecatrónica	Desarrollo y experimentación en sistemas mecatrónicos	124
	Diseño de productos y procesos mecatrónicos	76
	Diseño e implementación de dispositivos y sistemas programables para la automatización y control de sistemas o procesos industriales	46
Ingeniería Electrónica	Desarrollo y optimización de procesos	73
	Sistemas Electrónicos de potencia	32
Ingeniería en sistemas computacionales	Computación ubicua y desarrollo de interfaces personal ordenador	44
	Innovación de tecnologías emergentes y desarrollo web	190
	Tópicos avanzados de ingeniería de Software	174
Ingeniería Industrial	Diseño y optimización de procesos y producción	96
	Ergonomía ocupacional	71
	Sistemas de mejoramiento empresarial	40

Resulta importante considerar la opinión de los empleadores respecto a los perfiles profesionales que requieren al interior de sus organizaciones, para lo cual se aplicó una encuesta a quienes recibieron en sus empresas a los estudiantes de los diversos programas educativos. Una de las preguntas más importantes es en relación a su desempeño laboral, a lo cual el 18 % lo considera muy bueno y el 64 % bueno. La información se presenta en la figura 2.



**Figura 2.** Desempeño laboral y formación académica (elaboración propia).

De igual forma se consideró importante conocer la opinión de los egresados para lo cual también se aplicó un cuestionario y entre algunas otras preguntas, una que se considera se relaciona con el objeto de estudio es la que se refiere a la relación de las actividades que realizan con su área de formación a lo que un 30 % respondió que la relación de sus actividades con su perfil profesional es del 100 %. (Figura 3).



**Figura 3.** Relación del trabajo con su área de formación (elaboración propia).

## Conclusiones

La vinculación realizada por el Instituto Tecnológico de Cuautla a través de los proyectos de residencia profesional se ha llevado a cabo principalmente en el Estado de Morelos, con lo que se cumple uno de los ideales con los que se construyó el Sistema de Educación Tecnológica, que es el apoyo a la región en la cual están ubicados, aún y cuando la institución también tiene presencia en otros Estados de la República. Se han desarrollado proyectos tanto en el sector público como en el privado estando involucrados estudiantes de los diversos programas educativos en ambos sectores.

El análisis efectuado permitió dar cumplimiento al objetivo del estudio, al mismo tiempo que se pudieron detectar áreas de oportunidad, principalmente en cuanto al registro de datos por parte de los estudiantes, de tal manera que el proceso de concentrar la información se convierta en una labor más ágil y precisa que permita mantener actualizado el estudio y eficientar los procesos en la institución.

## Referencias

1. DGEST. (2007). *Manual Normativo Académico 2007 de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica*. Obtenido de <http://www.tecnm.mx/docencia>
2. Etzkowitz, H. (2002). *Instituto de Ciencias Políticas SISTER*. Obtenido de La triple hélice: universidad, industria y gobierno. Implicaciones para las políticas y la evaluación: [www.sister.nu](http://www.sister.nu)
3. ITC. (2015). *Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013 - 2018 del Instituto Tecnológico de Cuautla*. Cuautla, Morelos.
4. ITC. (2016). *Informe de Rendición de Cuentas 2015 del Instituto Tecnológico de Cuautla*. Cuautla, Morelos.
5. López, N. y. (2019). *Universidad-Estado-empresa, "Triple hélice" de la innovación*. Obtenido de Portafolio: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/universidad-empresa-triple-helice-innovacion-61730>
6. SEP. (2013). *Secretaría de Educación Pública*. Obtenido de Programa Sectorial de Educación: [http://www.sep.gob.mx/es/sep1/programa\\_sectorial\\_de\\_educacion\\_13\\_18#.WIGlpK1Dnow](http://www.sep.gob.mx/es/sep1/programa_sectorial_de_educacion_13_18#.WIGlpK1Dnow)
7. TECNM. (2014). *Tecnológico Nacional de México*. Obtenido de Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013 - 2018 del Tecnológico Nacional de México: [http://www.tecnm.mx/images/areas/planeacion/2014/PIID\\_2013-2018\\_TECNM\\_Final.pdf](http://www.tecnm.mx/images/areas/planeacion/2014/PIID_2013-2018_TECNM_Final.pdf)
8. TecNM. (2015). *Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México*. México: TecNM.

## CLASIFICADOR DE BASURA EN CONTENEDORES

**E. De La Cruz-Nicolás<sup>1</sup>, O. A. Pliego-Martínez<sup>2</sup>, C.M. Romano-Acevedo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Cautla, Libramiento Cautla-Oaxaca S/N, Juan Morales, 62745 Cautla, Mor.- [ernesto.delacruz@itcuautla.edu.mx](mailto:ernesto.delacruz@itcuautla.edu.mx),

<sup>2</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Milpa Alta-  
[odette.pliego@itmilpaalta.edu.mx](mailto:odette.pliego@itmilpaalta.edu.mx), <sup>3</sup>Departamento de Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Cautla- [carlos.romano@itcuautla.edu.mx](mailto:carlos.romano@itcuautla.edu.mx)

*Área de participación: Investigación docente*

**Resumen:** En la actualidad la basura se ha convertido en un problema en todas las partes del mundo. Existen muchas investigaciones de instituciones donde describen el problema de la basura donde los desechos sólidos están asumiendo proporciones terribles. Lo anterior es debido a la sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo que tiene un crecimiento exponencial. El incremento de los desechos sólidos urbanos trae como consecuencia problemas como la contaminación, problemas de salud y daño al ambiente. Con lo anterior surge la necesidad de realizar la clasificación de los residuos sólidos urbanos con el objetivo de reciclar los residuos urbanos para su aprovechamiento; estos residuos sólidos se clasifican en residuos orgánicos que contienen sustancias con facilidad de descomposición en un tiempo relativamente corto y los residuos inorgánicos por su difícil degradación. El proyecto consiste en realizar una aplicación móvil que permita identificar los materiales de los residuos sólidos urbanos con ayuda de elementos electrónicos como son los arduinos y sensores, a fin de realizar una adecuada clasificación de residuos y lograr que el reciclaje de los residuos sea correcto; logrando así permitir contribuir al ambiente. Gestionar adecuadamente los residuos sólidos urbanos que generamos es esencial para un aprovechamiento eficiente de sus potencialidades, dado que a través de un apropiado proceso de tratamiento como el compostaje, éstos pueden llegar a convertirse en composta (considerado como fertilizante o enmienda orgánica de suelos).

### Introducción

La basura es un gran problema en cualquier entorno, además de constituir un problema de recolección y almacenamiento que cuesta mucho dinero. Los residuos que se generan han existido desde siempre, anteriormente la eliminación de los residuos generados por los habitantes no planteaba un problema significativo; sin embargo con el paso del tiempo el crecimiento de la población ha sido de manera exponencial y la cantidad de espacios para los residuos cada vez son insuficientes. La problemática de los residuos comienza con 1. Crecimiento demográfico. 2. La aceleración en cuanto a urbanización de poblaciones. 3. La utilización de bienes materiales de rápido deterioro. 4. El uso de materiales sin retorno, fabricados con materiales no degradables. Todos los residuos sólidos urbanos traen como consecuencia: a) Suciedad en los entornos de trabajo, esparcimiento entre otros; b) Producen olores y focos de infección, así como la generación de enfermedades; c) Los residuos son fácilmente auto inflamables que pueden provocar incendios que conllevan a una contaminación atmosférica. La reutilización y procesamiento de la basura en todos los lugares se clasifican con facilidad: papel, cartón, vidrio, plásticos, trapos, materia orgánica e inorgánica, entre otros; esto se permite debido a la ley de residuos la cual define que residuo corresponde. El aprovechamiento y valorización de los residuos es un compromiso de corresponsabilidad de todos los habitantes de este país y del mundo; con el único fin de salvaguardar y proteger el

medio ambiente, con todos sus recursos naturales, renovables que se encuentran a disposición de todos los habitantes.

Con una clasificación adecuada de los residuos sólidos urbanos se logra: 1. Vertido controlado: que consiste en extender en capas la sustancia para el recubrimiento diario al suelo para minimizar los riesgos de contaminación ambiental y para favorecer la transformación biológica de los materiales fermentables 2. Incineración: que consiste en transformar los residuos en cenizas y gases. 3. Composta: que consiste en la transformación de la materia orgánica fermentable para obtener producto inocuo y con buenas propiedades para utilizarlos en fertilizante o enmienda orgánica de suelos. La no adecuada clasificación de los residuos sólidos urbanos trae consigo mismo impactos ambientales como: a) Materiales que se utilizan para elaborar envases y productos que después se desechan. Esta energía y estos materiales con frecuencia provienen de recursos que no son renovable; b) La contaminación del agua donde se concentra basura se filtran líquidos, conocidos como lixiviados, que contaminan el agua del subsuelo; c) La contaminación del suelo, la presencia de aceites, grasas, metales pesados y ácidos, entre otros residuos contaminantes, altera las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los suelos; d) La contaminación del aire, los residuos sólidos abandonados deterioran la calidad del aire que respiramos. La degradación de la materia orgánica presente en los residuos produce una mezcla de gases, compuesta fundamentalmente por metano y dióxido de carbono que contribuyen al proceso de cambio climático.

Para una adecuada Reutilización de un residuo sólido urbano posteriormente se pueda convertir en un nuevo producto y tener en cuenta que ésta se puede comercializar nuevamente. Para realizar lo anterior, se requiere la compra de productos de vida útil prolongada, biodegradable, no tóxico y de menor impacto ambiental. Así mismo para reciclar, se necesita saber el material de la envoltura o embalaje del producto; lo cual es muy complejo. Se propone realizar una aplicación móvil capaz de identificar la envoltura o embalaje del producto consumido y agregarlos clasificarlos de manera adecuada para lograr todos los beneficios anteriormente descritos y evitar el impacto ambiental; que conlleva el realizar una mala clasificación.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

La educación superior es un sector estratégico para el desarrollo de las sociedades. El desarrollo del conocimiento científico y el avance de las tecnologías de la información y de la comunicación, donde el valor estratégico del conocimiento sea suficientemente utilizado para crear una conciencia y educación ambiental. Actualmente el Instituto Tecnológico de Cuautla atiende alrededor de tres mil estudiantes, 100 profesores, 80 administrativos y personal de apoyo a la educación.

Los desechos o residuos sólidos es todo el material que se genera y que no pueden ser usados para cumplir la función que tenían al ser creados. Sin embargo, tienen la capacidad de ser reutilizados o convertirse en materia prima para un nuevo producto. En cambio, la basura, son aquellos desechos que no pueden reusarse de

ninguna forma luego de que cumplieron con su función y deben ser destinados a disposición final. Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. El Sistema de Gestión Ambiental es un sistema estructurado de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día los compromisos en materia de protección ambiental que suscribe una organización. Los Contenedores de basura son recipientes, por lo general de gran tamaño, donde las personas arrojan la basura que producen. Estos contenedores suelen estar hechos a partir de metal o de plástico. Se pueden encontrar ampliamente distribuidos en espacios públicos y también dentro de los hogares, generalmente se ubican en la cocina, para así poder depositar allí rápidamente cualquier tipo de envoltorio. Un Lector Óptico transforma en datos binarios todo tipo de información manuscrita o imágenes ya impresas en Datos Binarios que pueden ser procesados por el ordenador, teniendo distintas tecnologías que nos permiten contar con esta lectura, y se encuentran en diferentes diseños. Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos dispositivos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. Una aplicación móvil es un programa que se descarga y accede directamente desde cualquier dispositivo móvil. La Realidad Aumentada consiste en sobreponer objetos o animaciones generadas por computadora sobre la imagen en tiempo real que recoge una cámara web. De esta manera podemos "aumentar" en la pantalla la realidad que mira la cámara con los elementos de una realidad virtual "Es el entorno real mezclado con lo virtual". A diferencia de la realidad virtual, la realidad aumentada es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno aumentado con información generada por una computadora.

Tiene un gran impacto tanto en el Sistema de Gestión Ambiental como en el desarrollo sustentable debido a la adecuada separación de residuos sólidos.

La vinculación se realizará con instituciones públicas o privadas que cuenten con contenedores de separación de basura y se encuentren en el proceso de la certificación en el Sistema de Gestión Ambiental. Así mismo con aquellos hogares de los estudiantes para la clasificación adecuada de los residuos sólidos urbanos.

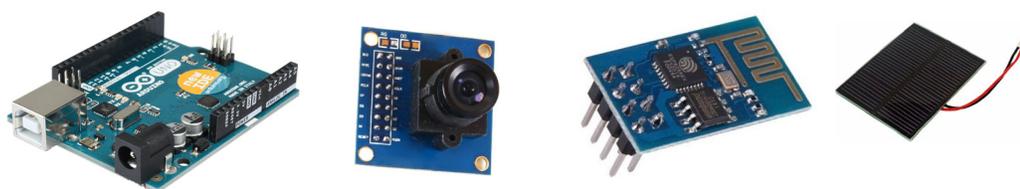
El sistema propuesto de solución para la clasificación de residuos sólidos, se describe a continuación.

- 1.- Contenedores comunes de clasificación de residuos sólidos urbanos.



**Figura 1.1** Contenedores de clasificación de basura.

2.- Los contenedores tendrán los siguientes componentes electrónicos.



**Figura 1.2** Arduino con módulo sensor de cámara, módulo WiFi y panel solar.

3.- Servidor que contendrá las imágenes de los residuos sólidos urbanos.



**Figura 1.3** Servidor de almacén de imágenes.

## Resultados y Discusión

Como resultado se obtiene una aplicación móvil que permite coadyuvar a la clasificación de residuos sólidos, así mismo se contribuye a la Industria 4.0 permitiendo incrementar el uso de las Tecnologías de Información en actividades cotidianas.

1. Análisis algorítmico.
2. Modelado de clasificación de residuos sólidos urbanos en el algoritmo.
3. Instalación de lectores en los contenedores.
4. Implementación de la aplicación en dispositivos móviles.
5. Pruebas de clasificación.

A continuación, se describe el modelo del sistema clasificador de basura en contenedores.

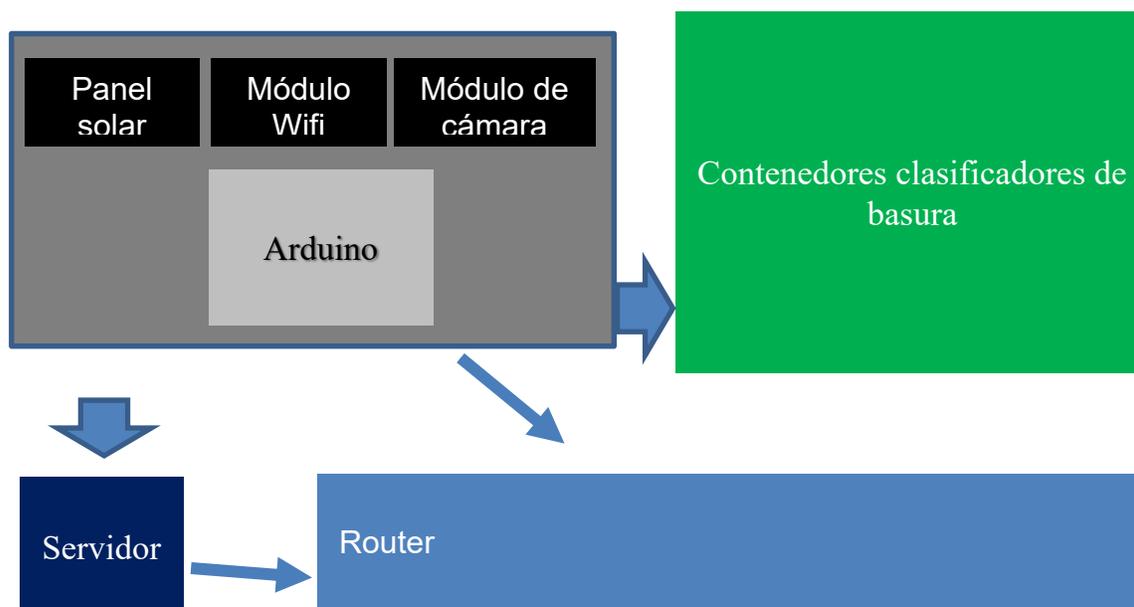


Figura 1.4 Metodología del clasificador de basura en contenedores.

La metodología de solución propuesta consiste en instalar un dispositivo electrónico (arduino) que contendrá un módulo de cámara, módulo de Wifi y un panel solar. Esto permitirá tener una fuente de energía que estará conectado a un router de comunicación, colocados en la estructura de los contenedores. Con la cámara se podrá realizar la lectura del residuo a desechar, la imagen será mandada al servidor de información para ser comparada con la información del servidor y obtener una respuesta el usuario y lograr que el desecho sea depositado en el contenedor adecuado, asimismo se contribuye en el Sistema de Gestión Ambiental e impacto en el clima.

## Conclusiones

Al contar con sistema clasificador de residuos sólidos urbanos coadyuva a los sistemas de reciclado de residuos, permitiendo una adecuada y correcta clasificación de residuos, logrando beneficios e impacto en el ambiente para brindar una calidad de vida para la sociedad.

## Referencias

1. A. C. Pedrera, Arduino para Principiantes: 2ª Edición, Campus Academy, 2017.
2. N. Goilav, Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes, Barcelona, 2016.
3. J. E. Amaro Soriano, Programación de dispositivos móviles a través de ejemplos, Barcelona, 2011.
4. P.K. Dixit, Android, 2014.
5. C. Robledo Sacristán, Programación en Android, España, 2012.
6. K. Sakurai. Residuos Sólidos Peligrosos: definición, clasificación y manejo, 1984.
7. I. Campos Gómez, Saneamiento Ambiental, Costa Rica, 2000.

# MODELOS MATEMÁTICOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES COMO LIBRERÍAS EN LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

O. A. Pliego-Martínez<sup>1</sup>, E. De La Cruz-Nicolás<sup>2</sup>, D. González-Orán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías del Instituto Tecnológico de Milpa Alta-  
[odette\\_pliego@itmilpaalta.edu.mx](mailto:odette_pliego@itmilpaalta.edu.mx), [diana\\_glz@itmilpaalta.edu.mx](mailto:diana_glz@itmilpaalta.edu.mx), <sup>2</sup>Departamento de Sistemas y  
Computación del Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N, Juan Morales,  
62745 Cuautla, Mor.- [ernesto.delacruz@itcuautla.edu.mx](mailto:ernesto.delacruz@itcuautla.edu.mx).

*Área de participación: Investigación docente*

**Resumen:** El avance tecnológico en las Tecnologías de la Información ha tenido un gran impacto en la sociedad con la automatización de diversas actividades en entornos de vida cotidiana y laboral. Dicha automatización se realiza mediante aplicaciones computacionales. Estas aplicaciones son desarrolladas mediante lenguajes de programación que a la vez se apoyan de bibliotecas o librerías; tales lenguajes son un conjunto de implementaciones funcionales que permite agilizar la implementación de funciones para la solución de problemas, logrando la reutilización de código y resultados más rápidos. Las librerías pueden vincularse a un programa e incluso a otras librerías en distintos puntos del desarrollo o la ejecución como distintos lenguajes de programación de acuerdo a su compatibilidad; sin embargo, cada problema a automatizar conlleva a una complejidad lineal o exponencial, cuya codificación en un Lenguaje de Programación podría complicarse. Para lo anterior se puede aprovechar la teoría de la Investigación de Operaciones que posee algoritmos de optimización y análisis para ciertos problemas aplicados a la Programación Lineal, Teoría de Redes, Teoría de Inventarios, Teoría de Colas, Teoría de Decisiones, Programación entera, Programación no Lineal, entre otros. Los algoritmos de los problemas antes mencionados se pueden convertir en librerías para que estos puedan ser consumidos por cualquier Lenguaje de Programación, coadyuvando al desarrollo de la automatización de procesos.

## Introducción

En cualquier entorno de la sociedad conlleva a un conjunto de actividades que permiten obtener logros, fines u objetivos; tales actividades pueden ser sencillas o complejas y asimismo hasta repetitivas, las cuales traen como consecuencia problemas que requieren de una solución con base a las condiciones del problema, el área de aplicación y las técnicas o metodologías existentes. Una de las ciencias enfocadas a la resolución de problemas son las Matemáticas, dentro de sus disciplinas se encuentra la Investigación de Operaciones y todas las áreas que cubre el estudio.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Un problema es una acción que se genera por circunstancias ocasionadas intencionales como consecuencia o de manera accidental que interrumpe el curso normal de las cosas; el cual requiere de una solución para continuar con el proceso de las actividades a realizar. Los problemas son de diferentes tipos como los problemas de razonamiento en donde se aplica la lógica, ordenación de operaciones e inferencia; problemas de dificultades que involucran oposición o

dificultad para ejecutar acciones; problemas de conflictos que presentan oposición de la voluntad de los demás agentes considerando aspectos emocionales.

Asimismo los problemas pueden ser convergentes, ya que pueden tener una solución o un conjunto de soluciones definidas y los problemas divergentes que tienen un número indeterminado de respuestas posibles que dependen de la creatividad de la persona.

El origen de los problemas se genera a partir de las relaciones personales como la familia, amigos, pareja y campo laboral; estas surgen durante el proceso de las relaciones antes mencionadas. Dentro del campo laboral en referencia a pequeñas, medianas y grandes empresas sus problemas hacen énfasis en falta de marketing adecuado, tener y retener clientes, costos, presencia en línea, tiempo, mercancías a tiempo, gestión de redes sociales, automatización de procesos. Por lo anterior surge la necesidad de solucionarlos a través del reconocimiento de señales que permiten identificar dificultades, anomalías o entorpecimiento del desarrollo normal de una actividad, recolectar la información necesaria para resolver los problemas con el apoyo de las ciencias como la física, química, matemáticas y otras disciplinas. La investigación de operaciones es una disciplina que consiste en la aplicación de métodos analíticos matemáticos avanzados con la finalidad de apoyar la toma de decisiones en la resolución de problemas aplicados. Dentro de la Investigación de operaciones existen algoritmos enfocados a resolver problemas de programación lineal misma que permite identificar y resolver dificultades con respecto a los recursos con que se cuentan, buscando minimizar costos o maximizar la productividad, aumentando así beneficios en activos y el aprovechamiento de los recursos a través del logro de la optimización; es decir, obteniendo la mejor solución. Así mismo coadyuva a la toma de decisiones en cuanto a criterios administrativos que impactan en las organizaciones. El Problema de transporte es un problema de teoría de redes que se funda en la necesidad de llevar unidades de un punto específico llamado fuente u origen hacia otro punto específico llamado destino. Los principales objetivos de un modelo de transporte son la satisfacción de todos los requerimientos establecidos por los destinos al costo mínimo, relacionado con el plan determinado por las rutas escogidas. La teoría de colas es el análisis matemático específicamente de las líneas de espera de un sistema que modela situaciones reales de actividades como en el banco, en la tienda, en el transporte público, paquetes en redes de computadora, tráfico vial, industria manufacturera, aeropuerto, entre muchos otros. Cuando se trata de tomar una decisión en la empresa, el sentido común no es suficiente para decidir qué decisión tomar, por lo que la Teoría de Decisiones se basa en modelos y/o criterios matemáticos para apoyar al especialista a tomar una decisión entre diversas alternativas. Estas son algunas áreas de estudio de la Investigación de Operaciones.

La resolución de problemas mediante computadoras, consiste en un punto inicial en el planteamiento, descripción y análisis de un problema; representado en lenguaje natural abarcando términos del dominio del problema, diseño o desarrollo de un algoritmo, codificación (programa) del algoritmo en un Lenguaje de Programación, ejecución del programa, pruebas y validación del programa.

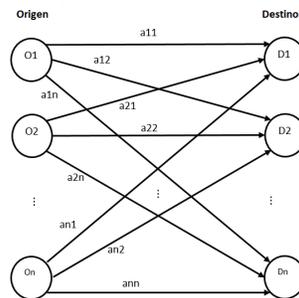
El Lenguaje de Programación se puede considerar como un lenguaje artificial que cuyo principal objetivo es plasmar la secuencia de instrucciones para su validación semántica, sintáctica y léxica a través de un compilador para posteriormente ser ejecutada por un dispositivo inteligente (computadora, celular, tablet y otros). Los Lenguajes de Programación utilizan tecnologías como son librerías; las cuales son herramientas del propio Lenguaje para no rehacer actividades o procesos ya programados e implementados en las librerías, cuyo objetivo es agilizar y disminuir el tiempo de elaboración de una aplicación (programa) computacional para la automatización de algún proceso o resolución de algún problema.

Los Lenguajes de Programación están basados en un paradigma de programación que consiste en un estilo de desarrollo de aplicaciones de software, LOS Lenguajes pueden basarse en uno o varios paradigmas a la vez a partir del tipo de órdenes que permiten implementar. En la actualidad existen diversidad de paradigmas como lo son: Imperativo donde los programas tienen un conjunto de sentencias secuenciales, Declarativo donde los programas proporcionan los resultados sin necesidad de listar explícitamente los pasos para obtener la solución deseada, lógico en la cual se modelan con enunciados de lógica de primer orden, Funcional contiene implementaciones de comportamiento que reciben un conjunto de datos de entrada y devuelven un valor de salida, Orientado a objetos el programa es llevado a cabo por objetos con atributos y comportamiento.

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos y multiplataforma comercializada de vez primera por Sun Microsystems. Hoy en día existen en varios entornos muchas aplicaciones implementados desde consolas para juegos, computadoras, teléfonos móviles entre otras áreas.

Los algoritmos existentes dentro de la Investigación de operaciones que resuelven problemas determinados, se pueden codificar mediante un Lenguaje de Programación basado en algún paradigma como librerías de programación lineal, transporte, redes, inventarios, colas, decisiones, entre otros que permitirá agilizar la realización del desarrollo de software que requieran modelos matemáticos para la obtención de soluciones óptimas de problemas planteados, ante las necesidades de las instituciones o empresas.

El problema general del transporte se refiere a la distribución de mercancía desde cualquier punto de partida, denominado origen, hasta cualquier destino, de tal manera de minimizar los costos (tiempo o distancia) de un punto a otro, como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.1** Representación general de una red de transporte.

$$\text{Min } z = a_{11}x_{11} + a_{12}x_{12} + a_{13}x_{13} \dots + a_{nn-1}x_{nn-1} + a_{nn}x_{nn}$$

Sujeto a

$$x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} \leq O_1$$

$$x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} \leq O_2$$

⋮

⋮

⋮

$$x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} \leq O_n$$

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{n1} \geq D_1$$

$$x_{12} + x_{22} + \dots + x_{n2} \geq D_2$$

⋮

⋮

⋮

$$x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{nn} \geq D_n$$

$$x_{ij} \in \{\mathbb{Z}\} \quad i, j = 1, \dots, n$$

**Figura 1.2** Modelo General de Transporte.

El modelo de transporte, puede tener soluciones básicas factibles u óptimos, la cual se puede determinar a partir de los siguientes algoritmos basados en la teoría de redes usuales:

- a) Método de la esquina noroeste.
- b) Método de la ruta preferente.
- c) Método de aproximación de Vogel.

Los tres métodos difieren en la “calidad” de la solución básica de inicio que obtienen, en el sentido de que una mejor solución de inicio produce un valor objetivo menor. (Taha, 2004)

El proceso algorítmico del método de la esquina noroeste para obtener una solución factible que se describe a continuación:

#### **Método de la esquina noroeste (TAHA, 2004)**

El método comienza en la celda (ruta) de la esquina noroeste, o superior izquierda, de la tabla (variable  $x_{11}$ ).

- Paso 1: Asignar todo lo más que se pueda a la celda seleccionada y ajustar las cantidades asociadas de oferta y demanda restando la cantidad asignada.

- Paso 2: Salir del renglón o la columna cuando se alcance oferta o demanda cero, y tacharlo, para indicar que no se pueden hacer más asignaciones a ese renglón o columna.

Si un renglón y una columna dan cero al mismo tiempo, tachar sólo uno (el renglón o la columna) y dejar un origen (destino) cero en el renglón (columna) que no se tachó.

- Paso 3. Si queda exactamente un renglón o columna sin tachar, detenerse. En caso contrario, avanzar a la celda de la derecha si se acaba de tachar una columna, o a la de abajo si se tachó un renglón. Seguir con el paso 1.

El anterior algoritmo se desarrolla como una librería en el Lenguaje de Programación Java, como se muestra en la siguiente figura.

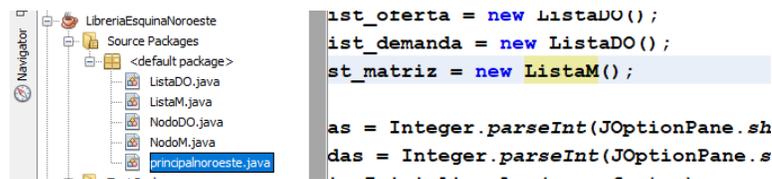


Figura 1.3 Método de la esquina noroeste codificado como librería.

### Resultados y Discusión

A continuación se muestra parte las clases como resultado del desarrollo de la librería que implementa el método de la esquina noroeste.



Figura 1.4 Librería en desarrollada en Java que contiene el método de la Esquina Noroeste.

Como resultado se obtiene una librería en java que contiene el método de la esquina noroeste, que resuelve un problema básico de transporte.

## Conclusiones

A raíz del desarrollo de librerías que contienen métodos algorítmicos del área de Investigación de operaciones, se obtuvo principalmente la experiencia en el análisis y desarrollo de librerías implementando modelos matemáticos en la obtención de soluciones factibles u óptimas. Se pudo comprobar que estas librerías se pueden utilizar como herramienta de apoyo para las materias de matemáticas discretas, programación orientada a objetos, estructura de datos, investigación de operaciones, lenguajes y autómatas. Así mismo se pueden modificar las librerías de acuerdo a cada necesidad del problema, y que en un futuro se puede generar un proyecto libre de librerías en apoyo a los problemas complejos.

## Agradecimientos

Gracias a ti Odette Alejandra Pliego Martínez por entenderme y tener siempre tiempo por escuchar mis ideas a todas horas, gracias por brindarme en todo momento un apoyo incondicional en mi vida, sobre todo por cada retroalimentación valiosa que me das por cada idea que te platico.

## Referencias

1. H. A. Taha, Investigación de Operaciones 7ª edición, México, 2004.
2. F. S. Hillier, G. J. Lieberman; Introducción a la Investigación de Operaciones 9ª edición, México, 2010.
3. L.F. García, Programación Orientada a Objetos, México, 2010.
4. F. L. Osorio, Lógica y programación orientada a los objetos: un inicio al desarrollo de software, México, 2008.
5. O. Marroquín, Estructuras de datos en Java: compatible con Java 2, México, 2000.
6. L. Joyanes, Estructuras de datos en Java, México, 2007.

# RED DE SEMÁFOROS VIRTUALES PARA EL CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR

**E. De La Cruz-Nicolás<sup>1</sup>, O. A. Pliego-Martínez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N, Juan Morales, 62745 Cuautla, Mor.- [ernesto.delacruz@itcuautla.edu.mx](mailto:ernesto.delacruz@itcuautla.edu.mx),*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingenierías del Instituto Tecnológico de Milpa Alta-  
[odette.pliego@itmilpaalta.edu.mx](mailto:odette.pliego@itmilpaalta.edu.mx),*

*Área de participación: Investigación docente*

**Resumen:** La prevención de accidentes son temas centrales involucrados en cada actividad que se realiza dentro de las sociedades, la prevención de accidentes que consiste en disminuir lesiones o la muerte, daños materiales que pueden interrumpir un proceso. Una de las actividades que se realiza es el control u organización del flujo de vehículos que circulan en calles y avenidas de las ciudades llevada a cabo por autoridades de vialidad mediante una herramienta denominada semáforo, cuya función es la de coordinar el flujo de tránsito en direcciones establecidas con intervalos de tiempo. El número de semáforos utilizados para controlar el tránsito de manera adecuada depende del tamaño de la ciudad, número de calles y avenidas, la afluencia de vehículos y personas. A pesar de la optimización de los semáforos con el uso de paneles solares o semáforos de poco consumo energético o apagado automático de los mismos, el consumo se sigue incrementando por el número de semáforos instalados, otro problema son los costos mantenimiento de los mismos en cuantos a costos monetarios y tiempo. Cuando los semáforos se encuentran en mantenimiento por cuestiones de fundición de lámparas, por su derrumbe por situaciones de desastres naturales trae como consecuencia un descontrol vial y accidentes viales. Con la llegada a la sociedad de la Industria 4.0 como beneficio, se propone la migración de semáforos físicos a una plataforma virtual para el control de tránsito vehicular, lo anterior permitirá coadyuvar al tránsito vial de manera virtual mediante pantallas táctiles de los vehículos.

## Introducción

El semáforo es una herramienta que permite regular el flujo de vehículos y peatones logrando una coordinación de tránsito de manera eficiente cuando su funcionamiento se encuentra al 100%, el cambio climático, sistema eléctrico del dispositivo, descargas eléctricas, cambios repentinos de voltaje, variación de suministro de energía eléctrica son de los principales factores que afectan el funcionamiento adecuado a los semáforos, ocasionando accidentes como son personas atropelladas, choques y confusión entre los automovilistas. En los últimos seis años y medio, el sistema de semáforos en la Ciudad de México contabilizó 239 mil 344 fallas en sus artefactos, distribuidos en las 16 delegaciones, de acuerdo a un reporte de la Secretaría de Seguridad Pública de la Ciudad de México, en el año 2018 se han tenido que remplazar o sustituir 18 mil 285 partes de semáforos por presentar diversas fallas (Flores, 2018), para la detección de dichas fallas se realiza mediante los reportes de la ciudadanía y el monitoreo de los mismos. El porcentaje de monitoreo de los semáforos por parte de la Subsecretaría de Tránsito es del 30%, lo que ocasiona el desconocimiento del número de fallas que presentan los dispositivos cada día, las fallas que son ocasionadas por la energía eléctrica, fundición de focos, cortos circuitos y choques automovilísticos para su mantenimiento correctivo de manera inmediata, lo anterior es debido a que no se

cuenta con semáforos inteligentes e implementarlos es muy costoso, así mismo no se cuenta con personal suficiente para realizar supervisiones viales y detectar incidencias en los semáforos (Ruíz Palacios, 2016). Ante las fallas ocasionadas en semáforos agentes de vialidad dirigen el tránsito en las ciudades, solo se atienden cruceros principales y con una prioridad (zonas escolares) ya que el recurso humano es insuficiente para atender las contingencias.

Partiendo de la necesidad de coadyuvar a los semáforos físicos, sin comprometer la estabilidad de la vida en el futuro y logrando un equilibrio sustentable entre las personas con el objeto de desarrollar tanto estrategias como herramientas tecnológicas en pro del bienestar del mundo, los avances tecnológicos pueden solucionar algunos problemas en el corto y largo plazo. De acuerdo a datos obtenidos por “Estudio de usos y hábitos de dispositivos móviles en México, 2da edición” el 84% de los mexicanos cuentan con algún dispositivo móvil; 4 de cada 10 usuarios de dispositivos móviles poseen un teléfono inteligente, ganando terreno vs los teléfonos celulares, vehículos de gama media con pantallas táctiles. La utilización del dispositivo mencionado se clasifica en los siguientes porcentajes: Estar en contacto con amigos y/o familiares 72%, Necesario para actividades laborales 41%, Conectarme a Internet 36%, Entretenimiento 34%, Buscar información 29%, Estar localizable con clientes y/o jefe 29%, Hace la vida más práctica 25%, Descargar diferentes tipos de aplicaciones 21%, Organizar actividades (agenda) 20%, Estar actualizado/informado 16%, Conexión con el mundo 15%, Herramienta escolar 13%, Está de moda 12% y Me da posición 9%. Los usuarios mantienen disponible su dispositivo móvil la mayor parte del día de acuerdo a sus necesidades personales.

Por tal motivo se propone la realización de una red de semáforos virtuales que tendrán un comportamiento homólogo a la red de semáforos físicos, lo anterior permitirá coadyuvar al tránsito vial, asimismo permitirá que los automovilistas se vayan familiarizando con la aplicación, disminuirá las confusiones, el descontrol vial, disminuirá el riesgo de los accidentes. Contar con un sistema virtual traerá como consecuencia innovaciones tecnológicas en el tránsito vial., con este sistema se tendrá un centro de gestión de la red de semáforos que permitirá observar al dispositivo en tiempo real para su atención oportuna y no se dependerá del reporte de fallas por la ciudadanía o de los recorridos de supervisión.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

La Industria 4.0 hace referencia a los procesos y productos inteligentes, la explosión del internet industrial y la hiperconectividad de trabajadores, máquinas, productos y clientes en sistemas. El desarrollo tecnológico exponencial en estos años ha facilitado la creación de nuevos negocios y modelos de uso “inteligentes”, para satisfacer las necesidades de una sociedad que cada vez demanda más servicios digitales. La tecnología posibilita la creación, operación y promoción de actividades. La movilidad en forma de teléfonos inteligentes, tabletas, tecnologías de voz que facilitan el desarrollo del trabajo en lugares remotos, aprovecha tiempos muertos de transporte y espera o acortan procesos. Realidad virtual y realidad aumentada para

la visualización de órdenes de trabajo, inventarios y simulación de procesos (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).

Las ciudades inteligentes están unidos a las Tecnologías de la Información (TIC) y las Comunicaciones, innovación, sostenibilidad y calidad de vida dentro del concepto de Tecnologías de la Información con Ciudades Inteligentes, sus ejes principales de actuación son: Administración electrónica, Digitalización de la Información, Modernización Administrativa, Integración e Interoperabilidad de servicios digitales. Algunas de las herramientas TIC que se utilizan las ciudades inteligentes son: Portales multiacceso, tarjetas inteligentes para el acceso a servicios de la ciudad, servicios de atención telefónica o presencial, puntos municipales inalámbricos de conexión, sensores distribuidos e información en tiempo real del tráfico, y el transporte público. El modelo ciudad inteligente puede ser aplicado a ciudades pequeñas, medianas y de gran tamaño aunque no todos compartan los mismos servicios y desarrollando el concepto en todas sus dimensiones. De acuerdo a la ley de cada población tiene asignada una serie de servicios obligatorios en función de su población, son los siguientes: alumbrado público, cementerio, recogida de residuos, limpieza viaria, abastecimiento domiciliario de agua potable, alcantarillado, acceso a los núcleos de población, pavimentación de las vías públicas y control de alimentos y bebidas. Así mismo de acuerdo a su tamaño de población debe brindar servicios de: parque público, biblioteca pública, mercado y tratamiento de residuos, protección civil, prestación de servicios sociales, prevención y extinción de incendios, instalaciones deportivas de uso público y matadero, transporte colectivo urbano de viajeros y protección del medio ambiente (Alvarado López, 2018).

Internet de las cosas consiste en lograr que todo artefacto, mediante el uso del avance tecnológico como lo son sensores y red de datos existentes así como emergentes, pueda conectarse en cualquier momento y lugar con otro dispositivo o persona. Todo ello para mantener un monitoreo y control total de los procesos que cada uno de estos artefactos realice, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la sociedad, su uso conlleva un incremento en el uso de datos, estos son aplicados a Gracias al Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) (Vanegas Gallardo, 2018).

Semáforo Automático inteligente con comunicación bluetooth”, permite resolver problemas de las calles que tienen demasiado tráfico cogestionado que se presenta principalmente en los cruces de las calles más transitadas y muchas veces el problema se da porque una de las vías esta con más afluencia vehicular que la otra y el semáforo no posee la capacidad de dar pase a la vía más transitada. La policía de tránsito buscando resolver el congestionamiento vehicular se expone al sol, lluvia e incluso el riesgo de un accidente por un conductor desprevenido por esta razón se decide tratar de mejorar o acabar con este problema y evitar esas horas perdidas en el tráfico de una manera más inteligente sin someter al oficial de tránsito a peligros y al conductor garantizarle la seguridad que este desea al conducir mejorando el estilo de cruce en la vía ahorrándose más tiempo (Alfredo Morales & Jiron Ruiz, 2016).

Control de tráfico basado en agentes inteligentes, la tecnología de agentes se ha demostrado ser una ciencia computacional avanzada capaz de lograr mejoras sustanciales en un rango de aplicaciones debido a su paradigma de la estructura de toma de decisiones basado en el razonamiento cognitivo. En este sentido, se incluye un modelo formal basado en agentes autónomos e inteligentes capaces de manipular las fases de los ciclos en una infraestructura de semáforos de acuerdo a las exigencias y limitaciones de la carretera. Este proceso mejora efectiva e inmediata de la calidad del servicio en una intersección, aumentando el rendimiento de la movilidad de los vehículos y mejorando la generación de emisiones, cuando los vehículos se paran en un semáforo rojo. En este proyecto se realizaron experimentos con el fin de comparar la metodología propuesta contra una infraestructura pre-programada, con el objetivo de alcanzar el control de tráfico adecuado de una ciudad en expansión (A. Castán, Ibarra, Laria, Guzmán, & Castán, 2014).

Análisis y simulación de un sistema de semaforización inteligente en el centro de la ciudad de Guayaquil, la investigación se enfoca en la simulación de un sistema adaptativo de semáforos, encaminado al control de los tiempos de duración de las fases de los semáforos, directamente ligado con el número de vehículos existentes en la vía, dando siempre preferencia a la ruta con mayor número de automotores, mediante el procesamiento de imágenes. Para el presente estudio se consideró el centro de la ciudad de Guayaquil en la avenida 9 de octubre ya que es una de las zonas con mayor aglomeración de vehículos. Los sistemas se constituyen por cámaras que adquieren imágenes de las áreas de interés, para posteriormente realizar el procesamiento de las imágenes y establecer transformaciones sistemáticas que permiten mejorar la información obtenida, de esta manera se adquiere el número de vehículos existentes, además también emplea tecnología de paneles solares que representan un ahorro económico. Con el número de vehículos de ambas calles, se procede a la toma de decisiones para determinar los tiempos de duración de las diferentes fases, Además permite el monitoreo a partir de videocámaras que puedan identificar accidentes o infracciones de tránsito logrando así planear soluciones inmediatas tales emergencias viales, desvíos, etc. También realizó un análisis del sistema actual de los semáforos en el centro de la ciudad de Guayaquil (RIOFRÍO DÍAZ , 2018).

Los investigadores Stefan Lämmer y Dirk Helbing, ambos basados en Alemania, idearon un sistema de semáforos que regula la duración de sus luces dependiendo del nivel de tráfico que los rodea. Esto pretende responder a la típica situación al manejar de noche o cuando hay pocos autos cerca: no hay nadie en las calles y aun así hay que esperar que pase la luz roja y salga la verde para poder avanzar. Más allá del tiempo perdido, esa espera genera pérdidas de dinero y además hace que el auto libere gases dañinos para el ambiente sin siquiera moverse. El sistema permite que la duración de las luces sea menor, siendo el mismo semáforo el que monitorea los alrededores (sin influencia de elementos como botones para peatones o placas en el asfalto que indican la presencia de autos). Consistió en un modelo virtual de la ciudad de Dresden, en Alemania. Este modelo funcionaba con

información proveniente de semáforos en la ciudad. Los semáforos virtuales del modelo se comunicaban entre ellos para coordinar sus tiempos, con lo que lograron disminuir los tiempos de espera entre 10% y un 30% (Neira, 2019).

Este sistema también ayudaría en momentos de mucho tráfico, regulando los tiempos para que las calles no estén tan atochadas o darles más tiempo para moverse en ciertas direcciones. El próximo paso es llevar este modelo a las calles, y los investigadores ya están en contacto con una agencia de manejo de tráfico en Alemania para poder probar el sistema en la realidad.

Semáforos virtuales dentro de los autos aparecen en el tablero como instrumentos del conductor y explicará con flechas verdes y rojas qué dirección pueden tomar de forma segura, así como los semáforos normales. Pero desaparecen una vez la intersección ha sido cruzada por el auto. Los desarrolladores argumentan que los semáforos virtuales reducirán las emisiones de carbono, disminuirán los accidentes y rebajarán los tiempos de viaje. Es un tema futurista, pero los semáforos virtuales usan tecnología de conexión de vehículos que reguladores federales de EE.UU. pronto harán obligatorios para autos como partes del programa de comunicación entre vehículos del gobierno de ese país (Cohen, 2019).

El proyecto Semáforo Virtual utilizará sensores en los coches para coordinar su ubicación, así aprovechando la capacidad de comunicación entre vehículos, se creó un sistema de semáforos virtuales (VTL). De acuerdo información de Dailymail, los preliminares de simulación de este paradigma, muestran un 60% de auto-organización del tráfico. Semáforos virtuales aparecen en el tablero del conductor y explican con flechas verdes y rojas en qué dirección pueden viajar con seguridad, al igual que con las luces de tráfico normal. Pero desaparecen una vez que el coche ha cruzado. Los desarrolladores dicen que los semáforos virtuales reducirán las emisiones de carbono, los accidentes y los tiempos de viaje. Para conocer cómo se vería un mundo sin semáforos mira este video. Los dispositivos en cada vehículo interpretan los mensajes y muestran el color respectivo para el conductor (Guzmán, 2019).

Paredes virtuales que son simulados por muros transparentes que simularán el paso de personas. Estaría generado por dos pantallas a los lados de la calzada y el sistema ayudaría a mejorar la seguridad de los peatones. El muro será generado por una computadora que advertiría a los conductores despistados de estar a punto de cruzar un paso y mejoraría su eficacia, con la consiguiente disminución de riesgo para los peatones (Lee, 2019).

De acuerdo al estado del arte y estado de la práctica del problema planteado se propone un modelado virtual piloto que solo tendrá virtualizado la avenida reforma de la ciudad de Cuautla Morelos, dicho modelo se pretende implementar en un espacio de la nube.

## Resultados y Discusión

Como resultado se tiene una metodología de virtualización de semáforos para una avenida determinada, para esta fase piloto.

1. Análisis de la red de semáforos de la Avenida Reforma de la ciudad de Cuautla Mor.
2. Configuración del servidor que contendrá los datos físicos de cada semáforo
3. Registro de las longitudes y altitudes de cada semáforo en el servidor.
4. Visualización de los datos físicos de cada semáforo en el servidor.
5. Realización de servicios web servidor que proporcionarán los datos virtuales de cada semáforo.
6. Implementación de la aplicación en dispositivos móviles que consuman los servicios web que se encontrarán en el servidor. 5. Pruebas de funcionamiento.

## Conclusiones

Con la virtualización de semáforos físicos se contribuye a la industria 4.0 y se coadyuva a las ciudades inteligentes, como una opción de mejora a los sistemas de semáforos inteligentes que requieren de una infraestructura costosa y altos costos de mantenimiento.

## Agradecimientos

Gracias a Dios por toda la salud, fortaleza, sabiduría y tiempo que no brinda a ambos, para hacer siempre lo que nos gusta, y permitir que realicemos trabajos de Investigación mutua, adquiriendo y aplicando conocimientos que nos permiten crecer académicamente y de manera profesional.

## Referencias

1. A. Castán, J., Ibarra, S., Laria, J., Guzmán, J., & Castán, E, 2014, 61-68.
2. A. Morales, Y., & J. Ruiz, Universidad Nacional de Ingeniería, 2016.
3. A. López, R. A., Paakat, 2018.
4. D. Coatz, & Garnero, P., Unión Industrial Argentina, 2018.
5. B. López, G. (2011), Universidad de Alicante, 2011.
6. C. J, Ley de tránsito del estado de Morelos, 2018.

## LA REALIDAD AUMENTADA: PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

L. Santa Olalla Ocampo<sup>1</sup>, A.C Campos Hernández<sup>1</sup>, N. González Castro<sup>1</sup>, R.M. Urzúa Rangel<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Zacatepec-,  
[leticia.so@itzacatepec.edu.mx](mailto:leticia.so@itzacatepec.edu.mx), [ana.ch@itzacatepec.edu.mx](mailto:ana.ch@itzacatepec.edu.mx), [narahi.goncast@gmail.com](mailto:narahi.goncast@gmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de metal-mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec,  
[roberto.ur@itzacatepec.edu.mx](mailto:roberto.ur@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Investigación docente*

**Resumen:** La educación es uno de los ámbitos más prometedores para el uso de aplicaciones móviles que utilizan la realidad aumentada. La presente investigación da a conocer el impacto del uso de estas aplicaciones como herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La aplicación documentada en este artículo es una herramienta para los métodos y medios educativos. Se desarrolló una aplicación móvil que permite hacer uso de la realidad aumentada (RA) y de modelos en tercera dimensión (3D), mostrando de forma interactiva y sencilla el contenido del tema a explicar, despertando el interés de la población estudiantil, lo que se comprobó aplicando técnicas de obtención de datos como: la observación y la encuesta. En la observación se evaluó el comportamiento e interés de los estudiantes al tema de estudio con la herramienta expuesta y con la encuesta, se evaluó la retención y comprensión de la información expuesta sobre dicho tema.

### Introducción

La realidad aumentada (RA) se está convirtiendo progresivamente en una tecnología que se está incorporando poco a poco en diferentes áreas y entre ellas se encuentra la educativa. *“La realidad aumentada es la tecnología que permite incorporar datos virtuales (texto, hiperenlaces, audio, vídeo, multimedia, entre otros) a partir de un objeto del mundo real. Para ello, necesitamos un dispositivo (móvil, Tablet, portátil) con una cámara, un software que procesa la información, unos activadores de realidad aumentada y una pantalla donde mostrar la imagen real junto con los datos recuperados. Hay que distinguir entre realidad virtual y realidad aumentada, mientras que en el primer caso nos sumergimos en un mundo virtual que nos genera un computador, en la realidad aumentada nos servimos del mundo virtual para ampliar la información del mundo real, interactuando con ella.”* [1]. A nivel educativo, son diversas las potencialidades que la RA ofrece.

La Universidad de Amasya en Turquía ha creado materiales didácticos con realidad aumentada, que ayudaron a los estudiantes a aprender vocabulario. Los estudiantes reportaron un aumento en la motivación, una mayor confianza en sus habilidades y una mayor satisfacción con el curso. En la Universidad de Maryland están usando la RA en las prácticas de cirugía. De esta manera se pueden ver los diferentes órganos del paciente antes de simular la intervención.

### **Beneficios de la RA en el aula**

El uso adecuado de la realidad aumentada puede generar los siguientes efectos positivos:

- a) **Aumenta la motivación.** Diversos estudios avalan el aumento de la motivación de los alumnos al sentirse inmersos en una experiencia innovadora, usando las TIC y con un alto impacto sensorial que genera curiosidad.
- b) **Facilita el aprendizaje.** Con la RA el alumno puede interactuar con los objetos, verlos desde diferentes puntos de vista y esto hace que la información esté contextualizada y se materializa el proceso de aprendizaje.
- c) **Aumenta el ritmo de aprendizaje.** Sobre todo, en los conocimientos y habilidades procedimentales.
- d) **Memoria.** Facilita la memoria y la opción de recuperar dicha información al ser una experiencia vivida en primera persona.
- e) **Atención.** La capacidad de la RA de generar respuestas inmediatas y la sensación de inmersión tiene como efecto el incremento de la atención en los alumnos. [2]

Con la RA se puede salir del aula y aprender de lo que se ve, se trata de un concepto diferente de aprendizaje basado en el descubrimiento. Del mismo modo es una herramienta muy útil en la clase, ayuda a reforzar y asentar los conocimientos, mediante la visualización de modelos 3D.

### **Problemática de la Investigación realizada**

El uso de los métodos de enseñanza tradicionales muestra poca estimulación en el aprendizaje de los estudiantes y no siempre están a la vanguardia en cuanto a las nuevas tecnologías y formas de enseñanza. En muchas instituciones educativas, el uso de la tecnología no es explotada en su totalidad, dado que los métodos de enseñanza, por ejemplo, *El método de enseñanza de "memorización" de conceptos ya es obsoleto*. Siguiendo el ejemplo, se tiene el problema de conceptos o temas (con cierto grado de complejidad) difíciles de entender para los estudiantes. En el área de Computación, las explicaciones en clase de conceptos abstractos de programación suelen ser muy complejas en su mayoría, para los estudiantes que van iniciando en el mundo de la programación.

Partiendo de lo expresado los objetivos a alcanzar con el presente trabajo fueron:

- Conocer el impacto en la enseñanza y en los métodos de aprendizaje el uso de aplicaciones móviles que trabajan con RA en el ámbito escolar.
- Desarrollar aplicaciones de RA para Smartphone, enfocada al entorno educativo y a mejorar la comprensión de los conceptos, al superponer que en la realidad hay información didáctica virtual que disminuye el tiempo de explicación de un tema, en específico en clase.

El esfuerzo anterior se justifica si se considera que: las actividades simuladas que promueven el aprendizaje tienden a recrear situaciones "casi reales" (de modo que hay, por tanto, poca diferencia entre el entorno simulado y el real), al hacerlo, simulan la realidad tan bien, que se logra el mismo tipo de experiencia de aprendizaje que se produciría en la realidad; por otra parte, esta experiencia tiene lugar de forma atractiva, por lo que los estudiantes no son sólo observadores de los fenómenos, sino que se convierten en participantes activos del proceso (la razón es

que los estudiantes aprenden mejor de la experiencia de vivir en primera persona en lugar de con experiencias mediadas). La participación de los estudiantes en las actividades es tan profunda que se desarrolla el interés por conocer más y más cosas: se consigue que el proceso simulado motive el aprendizaje y anime a los estudiantes a mejorar la actividad, aportando sus propias ideas.

“La RA se ha aplicado experimentalmente en ambientes tanto escolares como empresariales, aunque no tanto como los métodos clásicos de educación y formación, durante las dos últimas décadas. Además de eso, ahora que las tecnologías que facilitan la RA son mucho más poderosas que nunca y lo suficientemente compactas como para ofrecer experiencias de RA no sólo para entornos corporativos, sino también para lugares académicos a través de computadoras personales y dispositivos móviles, diferentes enfoques educativos con la tecnología de RA son más factibles. Asimismo, los dispositivos móviles inalámbricos, como los teléfonos inteligentes, las tabletas, PC's, y otras innovaciones electrónicas, están facilitando la entrada de la RA en el espacio móvil, donde las aplicaciones ofrecen una gran promesa, especialmente en la educación y la formación. Es muy probable que la RA pueda hacer los entornos educativos más productivos, placenteros e interactivos que nunca. La RA no sólo tiene la capacidad de animar a un estudiante a que se involucre en una variedad de formas interactivas que no eran posibles antes, sino que también puede proporcionar a cada individuo una trayectoria de descubrimiento única, con contenido rico de tres ambientes y modelos tridimensionales generados por la computadora" [3]

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

**Se identificó la población y la muestra de la población.** La población serían los estudiantes de primer semestre de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto tecnológico de Zacatepec, para la elección del tamaño de la muestra se realizaron cálculos aplicando la ecuación 1 que proporciona [4] empresa dedicada a dar soluciones al análisis de datos y toma de decisiones.

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N-1)) + k^2 \cdot p \cdot q} \quad 1$$

#### Donde:

- N= 49** Tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).
- k = 2** Una constante que depende del nivel de confianza que se asigne. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de la investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza.
- e= 0.15** Error muestra deseado. El error muestra es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene preguntando a una muestra de la población y el que obtiene si se preguntase al total de ella.
- p = 0.5** Proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=q=0.5$  que es la opción más segura.
- q = 0.5** Proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ .

**n = 24** Tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

Aplicando la ecuación 1 se obtiene lo siguiente:

$$n = \frac{2^2 * 0.5 * 0.5 * 49}{(15^2 * (49 - 1)) + 2^2 * 0.5 * 0.5} = 23.78 \approx 24 \text{ Estudiantes}$$

### Requerimientos para el desarrollo de la aplicación

- a) Marcador (pieza gráfica [una fotografía, un libro, una revista, un dibujo...] que el Smartphone o Tablet detectará para incorporar la Realidad Aumentada)
- b) Modelo 3D.
- c) Una licencia de Vuforia (permite construir aplicaciones basadas en la Realidad Aumentada)
- d) Herramienta de desarrollo (Unity 2017.3.1f1)
- e) Elección de un tema a desarrollar

### Marcadores de objetos

El tema seleccionado para el desarrollo de esta investigación fue la programación orientada a objetos. La razón es porque se ha detectado altos índices de reprobación. La programación orientada a objetos tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes conocimientos y estrategias para poder enfrentarse a un problema del mundo real susceptible de ser solucionado informáticamente. El estudiante debe identificar objetos que sean relevantes en el ámbito de dicho problema, así como el comportamiento que mejor lo defina. Esta tarea a los estudiantes les resulta complicada y no les es motivadora. Uno de los objetivos de esta investigación es desarrollar una aplicación utilizando la RA como herramienta en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Para cumplir con lo mencionado anteriormente, el primer paso fue determinar los marcadores "markers", los cuales son imágenes únicas que servirán como referencia para identificar objetos y su comportamiento en un problema. Los marcadores necesitan un patrón único, el cual le permitirá a la cámara reconocer y determinar el objeto u objetos que debe mostrar.

La mayoría de las aplicaciones de RA tienen características similares: uso de cámara del dispositivo, ubicación por localización (GPS), ubicación por marcadores, reconocimiento de imágenes, pero las herramientas a utilizar son muy variadas, algunas se basan en estándares abiertos como OpenGL, otras son propietarias.

Tras un estudio inicial de las plataformas de desarrollo disponibles para el desarrollo de aplicaciones de RA se decidió centrarse en aquellas, de código abierto, especialmente preparadas para su uso con Android y basadas en visión artificial para el posicionamiento de los objetos. Concretamente se ha seleccionado el software Vuforia.

## Librería de la realidad aumentada (RA)

Vuforia es un SDK desarrollado por Qualcomm, una empresa productora de chipsets para tecnología móvil. En 2010 la empresa lanzó algunas aplicaciones propias que hacían uso de tecnologías de RA, y finalmente ese mismo año anunció que ponía a disposición de los desarrolladores sus “frameworks” de desarrollo al que denominaron Vuforia. Está disponible para Android e iOS y se basa en el reconocimiento de imágenes basado en características especiales, por lo que también soporta marcadores naturales (targets) o RA sin marcadores. Además, dispone de un “plugin” para interactuar con Unity3D y ofrece la posibilidad de crear botones virtuales para ampliar las vías de interacción con el usuario. Una aplicación de RA basada en Vuforia estará integrada por los siguientes componentes fundamentales (Figura. 1). [5]

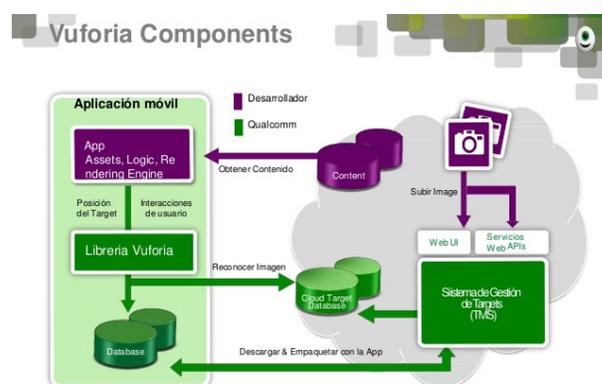


Figura 1. Diagrama de componentes de la herramienta de Vuforia.

## Motor de desarrollo utilizado: Unity

Los motores de desarrollo son una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un videojuego o de una aplicación, ya que existen motores para desarrollar videojuegos en cualquier sistema operativo, no únicamente para consolas.

La funcionalidad básica de los motores de desarrollo es proveer al videojuego de un motor de “renderizado” para los gráficos, tanto si es 2D, como si es 3D y de características útiles como detector de colisiones, sonidos, animación, “scripting” o inteligencia artificial. En estas últimas funcionalidades, los lenguajes de programación admitidos son las principales diferencias entre los diferentes motores de desarrollo existentes.

Unity3D es uno de los motores para videojuegos más populares de la actualidad. Para la programación de “scripts” permite utilizar Javascript3, Boo y C#, y dispone de un editor que agiliza el desarrollo del videojuego. Unity cuenta con un completo conjunto de herramientas que permiten flujos de trabajo ágiles para crear contenido interactivo tanto en 3D como en 2D. Además, cuenta con ventajas como la publicación de aplicaciones multiplataforma, multitud de assets<sup>1</sup> disponibles en la Asset Store, que permiten un gran ahorro de tiempo y dinero, y una amplia

comunidad de desarrolladores. Unity3D cuenta con un editor propio en el que se pueden crear y gestionar escenas complejas de manera rápida y cómoda. Otra importante característica es que Unity no sólo permite la creación de videojuegos en 3D, sino que también está pensando para poder realizar desarrollos 2D sin ningún tipo de problema. El número de formatos que Unity3D. [6]

## Resultados y Discusión

El botón **Inicio** figura 2, despliega el escenario principal, la cual, muestra en un cubo el logo del Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ). Figura 2



**Figura 2.** Pantalla de inicio de la App.

Se creó un menú de opciones (Ver figura 3) para el usuario. Referentes al tema de la POO.



**Figura 3.** Menú de la aplicación con RA

### Botón ¿Qué es una Clase?

Este botón muestra un concepto sencillo acerca del concepto de las clases, además de mostrar un modelo tipo plantilla para su entendimiento como se puede ver en la figura 4:



Figura 4. Atributos y métodos de la clase auto.

### Técnicas de obtención de datos utilizadas.

Las técnicas de obtención de datos utilizados fueron la observación y el cuestionario. Se aplicaron dos cuestionarios: un cuestionario que evaluó el tema con el método tradicional y un cuestionario que evaluó el tema con la aplicación de RA.

La razón por las que se eligieron estas técnicas de recolección de datos es porque mediante la observación se puede ver un panorama general de la aceptación y generación del interés por la nueva tecnología presentada y los cuestionarios para recolectar datos cuantificables y representarlos estadísticamente. Ver Figura 5.

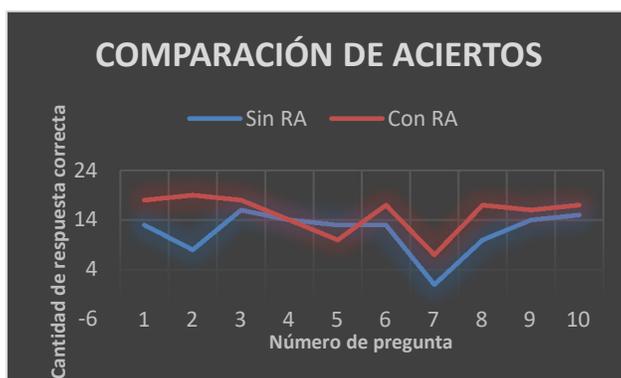


Figura 5. Comparación de resultados con y sin uso de herramienta RA.

### Conclusiones

Los resultados (figura 5) fueron favorables en cuanto al entendimiento de un tema determinado y el tiempo de explicación de éste. Con el uso de esta tecnología se demostró que los estudiantes pueden mostrar interés en temas abstractos, si se les presenta de manera amena. La mayoría de los estudiantes comprendió el tema de la programación orientada a objetos con el uso de esta herramienta para la enseñanza de dicho tema, en comparación con el método tradicional de aprendizaje por memorización y utilizando herramientas como el pizarrón. El uso de entornos virtuales de aprendizaje en el proceso de enseñanza implica un cambio en la forma de cómo mostrar contenidos de cierta asignatura. Este cambio hace la enseñanza interactiva y atractiva al estudiante. Con la RA se puede salir del aula y aprender de lo que se ve, se trata de un método de aprendizaje diferente basado en el

descubrimiento. Del mismo modo, es una herramienta útil dentro del salón de clase, ya que ayuda a reforzar los conocimientos mediante la visualización de modelos 3D.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Zacatepec por las facilidades otorgadas durante la realización de esta investigación que forma parte de los resultados del proyecto “Evaluación e Indicadores de desempeño” con clave ITF-ZCTP-PIE-2018-0162 registrado ante el Tecnológico Nacional de México (TecNM).

### Referencias

- [1] Moreno, M. L. (14 de 07 de 2014). *Realidad Aumentada en la Educación*. Obtenido de Nubemia: <https://www.nubemia.com/realidad-aumentada-en-la-educacion/>
- [2] Soriano, P. (30 de 01 de 2018). *El Uso de la Realidad Aumentada en la Educación*. Obtenido de AdrFormacion: <https://www.adrformacion.com/blog/el-uso-de-la-realidad-aumentada-ra-en-educacion.html>
- [3] Kangdon, 2012 TechTrends Linking Research and Practice to Improve Learning A publication of the Association for Educational Communications & Technology ISSN: 8756-3894 (Print) 1559-7075 (Online)
- [4] Feedback Networks Technologies, 2013 *FEEDBACK NETWORKS La Información Viva*. Obtenido de <https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculador.htm>
- [5] Simonetti, A. 2013. Vuforia v1.5 SDK: Analysis and evaluation of capabilities. MASTER THESIS. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17769/memoria.pdf>
- [6] Maldonado D. M 2017 Desarrollo y edición de juegos serios con Unity y E-Adventure. Trabajo de fin de grado del Grado en Ingeniería Informática Facultad de informática Universidad Complutense de Madrid.

## SEGUIMIENTO DE EGRESADOS COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL ITC

**L. Angeles-Hernández<sup>1</sup>, M.L. Acosta-Miranda<sup>2</sup>, E.R. Zavaleta-Olea<sup>1</sup>, J. Mendoza-Hernández<sup>3</sup>, D. Dominguez-Estudillo<sup>3</sup>, J.A. Corona-Calvario<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla - [leonor.angeles@itcuautla.edu.mx](mailto:leonor.angeles@itcuautla.edu.mx) Libramiento Cuautla Oaxaca S/N, colonia Juan Morales, C.P. 62826, Yecapixtla, Morelos, [edi.zavaleta@itcuautla.edu.mx](mailto:edi.zavaleta@itcuautla.edu.mx), [jose.corona@itcuautla.edu.mx](mailto:jose.corona@itcuautla.edu.mx), <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Económico-Administrativas del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla, [monica.acosta@itcuautla.edu.mx](mailto:monica.acosta@itcuautla.edu.mx), <sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla - [juan.mendoza@itcuautla.edu.mx](mailto:juan.mendoza@itcuautla.edu.mx), [daniel-dominguez@itcuautla.edu.mx](mailto:daniel-dominguez@itcuautla.edu.mx) Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N, Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos, México

**Área de participación:** Investigación Docente (CB)

**Resumen:** El presente proyecto (en etapa de autorización) consiste en diseñar un Sistema Integral Automatizado de Seguimiento de Egresados y empleadores acorde al programa de Seguimiento de Egresados del TecNM para los Institutos Tecnológicos, con el objetivo de incrementar la efectividad institucional a través de la incorporación de mejoras en el Proceso Educativo, a través de la recopilación y análisis de información sobre el desempeño profesional y personal de los egresados, así como de los requerimientos del sector laboral. El proyecto presentará un sistema de información y análisis sobre el perfil del egresado, incluyendo datos sociodemográficos, antecedentes educativos, otros estudios, fuentes de financiamiento de los estudios universitarios y movilidad durante la formación, además proporcionará información actualizada en una página web con su base de datos sobre la trayectoria laboral de los egresados de nivel licenciatura y el impacto de la formación recibida en el ITC, así como estadísticas descriptivas de las diferentes variables y descripción de la cobertura de levantamiento en cuanto al cohorte generacional. Lo anterior constituirá un medio que guíe el quehacer institucional en la evaluación de la pertinencia y la calidad de los planes y programas de estudio, nivel de satisfacción de los egresados con su formación, inserción en el mercado laboral, satisfacción de las necesidades de los empleadores y precisión de la educación de los egresados con respecto a su trabajo y en su caso a los estudios de posgrado.

### Introducción

El propósito de los estudios de Seguimiento de Egresados del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos es fortalecer la vinculación, tanto con los egresados como con sus empleadores, así como incorporar las mejoras en los procesos de efectividad de los institutos tecnológicos, a través de la recopilación y análisis de información proporcionada por los egresados y por sus empleadores sobre el desempeño profesional de los egresados. También coadyuva para renovar, fomentar y fortalecer los vínculos entre los egresados. Entre los aspectos más importantes dentro del PIID del TecNM y del ITC se encuentra el fortalecimiento de la calidad de la educación superior tecnológica que se imparte en los institutos, unidades y centros del TecNM. Este objetivo se enfoca en asegurar la pertinencia de la oferta educativa, mejorar la habilitación del profesorado, su formación y actualización permanente; impulsar su desarrollo profesional y el reconocimiento al desempeño de la función docente y de investigación, así como a fortalecer los indicadores de capacidad y competitividad académicas y su repercusión en la calidad de los programas educativos (TECNM, 2014).

El seguimiento de egresados y los estudios con empleadores pueden tener diversos propósitos: se relacionan con el análisis y rediseño curricular, pero también permiten

articular los requisitos de ingreso a las instituciones educativas, así como la inserción de los egresados al mercado laboral. En este último punto se caracteriza a los profesionales en virtud de los aspectos de la contratación y del ejercicio laboral, siempre con el fin de mejorar la calidad del servicio que la institución educativa brinda.

La efectividad determina si se han alcanzado los objetivos y si la implementación del currículo es la adecuada. Por consiguiente, es de suma importancia el seguimiento de egresados, en la carrera de Sistemas Computacionales ya que tradicionalmente ha sido la que tiene la mayor matrícula.

Es por ello la inquietud de desarrollar el Sistema Integral Automatizado de Seguimiento de Egresados y empleadores de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Cuautla, que permita conocer si las competencias profesionales que se imparten en la institución son acordes a las necesidades o requerimientos empresariales, de tal forma que se obtenga una retroalimentación para el mejoramiento de los programas académicos e inserción de los egresados al campo laboral, aumentando en porcentaje el nivel de empleo y a su vez, contar con información confiable y pertinente para la acreditación de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

### **Fundamento Teórico**

En un estudio reciente el Instituto Politécnico Nacional (s/f), menciona que los estudios de seguimiento de egresados representan una estrategia de investigación cíclica de evaluación que posibilita conocer y sistematizar información sobre las trayectorias, condiciones y perspectivas personales, laborales y profesionales de los egresados de las diversas carreras que ofrecen las instituciones de educación pública y privada. En este sentido, los estudios de seguimiento de egresados permiten reconstruir permanentemente los planes de estudios de acuerdo a las nuevas exigencias que establece el mercado laboral nacional e internacional.

Estos estudios recopilan información sobre el desarrollo profesional, personal y social de los egresados.

Los temas básicos que por lo general se incluyen en una encuesta de seguimiento de egresados son:

- Características principales del egresado (datos socioeconómicos, demográficos, antecedentes académicos, etc.) y sobre los estudios que realizó.
- Relación con el mercado de trabajo (incluye su situación laboral).
- Relación con la institución de egreso (incluye la satisfacción con los servicios educativos que le proporcionó la universidad o institución de educación superior).
- La transición de la educación superior al empleo. De ese modo se notará cómo sus competencias, las condiciones del mercado laboral, las expectativas de los empleadores y la dinámica de los mecanismos de transición interactúan al determinar las relaciones entre la graduación y el empleo inicial.

- El desempeño en el empleo y el área laboral de los egresados en diversas maneras, combinando indicadores tanto subjetivos como objetivos, permitiendo el análisis del nivel de interrelación o divergencia entre la remuneración y el estatus, el uso en el trabajo de los conocimientos adquiridos en los estudios, y un empleo interesante y satisfactorio.
- Una visión de conjunto de los vínculos entre las competencias adquiridas y las tareas laborales actuales.
- Hasta qué punto las condiciones y el ambiente de estudio realmente “importan” para su empleo y trabajo subsiguiente.
- El impacto de las motivaciones, expectativas y orientaciones de los estudiantes en sus decisiones y trayectorias profesionales.

Para Passarini y Sosa Castillo (2015) los estudios de seguimiento de egresados son una alternativa para comprender la relación entre la formación profesional y el mundo del trabajo, así como la satisfacción de demandas externas e internas, entendiendo que ellas abarcan las necesidades individuales, colectivas, institucionales y sociales. Sin embargo, para lograr cumplir con este cometido en la actualidad, el enfoque tradicional que han tenido los estudios de seguimiento de egresados, centrados en el éxito laboral y las condiciones del puesto desempeñado, debe ser sustituido por uno que considere las características del mundo del trabajo, donde tienen lugar todos los elementos que contribuyen a la construcción de la ciudadanía y el aporte del individuo como parte de una sociedad. En la medida en que la formación profesional obtenida en las universidades no sea suficiente para toda la vida, dada la pérdida de vigencia de los conocimientos en la educación superior, se hace necesario que los profesionales estén preparados para aprender durante toda la vida y los seguimientos de graduados se convierten en una valiosa herramienta para orientar la actualización de las competencias genéricas y específicas.

La acreditación, en su connotación institucional e individual, implica una búsqueda de reconocimiento social y de prestigio por parte de los individuos que transitan por las instituciones educativas. En ese sentido, los procesos de acreditación se han constituido en un requerimiento en nuestros días, ya que están destinados a garantizar calidad y proporcionar credibilidad respecto a un proceso educativo y sus resultados (Pallán Figueroa, 1992) y en este tipo de procesos los estudios de seguimiento de egresados constituyen un elemento de suma importancia.

### Estudio de empleadores

Desde hace ya varias décadas, particularmente desde los noventa, ha cobrado relevancia conceptual lo que se ha denominado como las sociedades del conocimiento. Si bien existen variantes, en términos generales, los elementos que conforman dichas sociedades son los siguientes: a) la existencia de una colectividad competitiva, expresada en redes de individuos cuyos fundamentos son la producción y la divulgación del conocimiento, b) la orientación de la inversión hacia el desarrollo del capital humano, la producción y la difusión del conocimiento —

capacitación, educación, investigación y desarrollo, sistemas de información, etcétera—, c) la velocidad e intensidad en la innovación basadas en los procesos de investigación y del aprendizaje vinculado a la experiencia; y, d) la revolución tecnológica aplicada al conocimiento, así como a la producción y la difusión de la información (Dominique, 2002)

En las sociedades del conocimiento interactúan una serie de actores — gobierno, empresas, asociaciones productivas, centros de investigación y universidades— sin embargo, las Instituciones de Educación Superior (IES) y las empresas resultan fundamentales en el sentido de que ambos son dinamizadores de estas sociedades y cobran objetividad en la medida que exista una fuerte vinculación en dos dimensiones: a) la articulación entre los perfiles de formación profesional y las necesidades presentes y futuras de mercado de trabajo, y b) las coincidencias entre las actividades de investigación científica y tecnológica que desarrollan las IES con las necesidades de los ámbitos productivos (Casas, 2000).

Este proceso de vinculación, en las dimensiones antes señaladas, ha sido parte de los debates originados desde las IES y en otros ámbitos, sobre el desempeño de la educación superior y el papel que juega en la actualidad y una de las formas de obtener dicha información es mediante el seguimiento de egresados.

## **Resultados y Discusión**

La metodología a utilizar en el desarrollo del sistema de seguimiento de egresados, será la recomendada por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2003) y también se tomara en cuenta el manual de instrumentos y recomendaciones sobre el seguimiento de egresados de la Red Graduados de la Asociación Columbus (Columbus, s/f), adaptándolo a las condiciones particulares de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, considerando el plan de estudios del 2010 del TecNM, y las necesidades de información por parte de los organismos evaluadores en los procesos de Acreditación mencionadas en documentos tales como la Autoevaluación del Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa, Manuales de Autoevaluación de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) y el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES), entre otros.

Para determinar el universo de estudio se considera pertinente abordar a los residentes y egresados que hayan sido formados bajo el Plan de estudio de 2010. El cuestionario que se utilizará será formulado en atención a las interrogantes y los objetivos específicos de la investigación y buscará corresponder a la operación de las variables en sus dimensiones e indicadores, con preguntas cerradas.

Una vez recabada la información se procederá a realizar la interpretación gráfica y el análisis correspondiente con toda la información recabada para desarrollar la base de datos y la página Web, la cual tendrá la información correspondiente a los objetivos plasmados en el proyecto de investigación.

## Conclusiones

La investigación de seguimiento de egresados propuesta en este proyecto implica obtener múltiples beneficios en cuanto a la adquisición de conocimientos sobre los requerimientos del mercado laboral, la acreditación y la retroalimentación de los planes de estudio ayuda a medir indicadores significativos en este proceso y su impacto para la mejora. Por lo que el seguimiento de egresados asegura que los profesionales egresados de ITC continúen desempeñando un papel fundamental en el proceso del desarrollo nacional en el contexto de la sociedad del conocimiento, para lo cual es necesario que actualicen periódicamente los perfiles terminales de los programas que ofrecen para atender tanto las aspiraciones de los estudiantes como los requerimientos laborales, aseguren que el alumno aprenda lo previsto en los planes y programas de estudio, y refuercen los esquemas de evaluación de los aprendizajes para garantizar que los egresados cuenten con los conocimientos, competencias, y valores éticos que corresponden a la profesión que eligieron. Este esfuerzo deberá complementarse con la implantación de esquemas efectivos que permitan reorientar la demanda hacia programas educativos que respondan a las nuevas exigencias sociales y a las necesidades regionales de desarrollo. Cabe reconocer que el éxito en el desarrollo de la actividad profesional de los egresados es también un indicador de que la institución que los prepara es competente.

## Agradecimientos

Agradecemos al TecNM/ Instituto Tecnológico de Cuautla, por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

## Referencias

1. Arreola, J., & Cardini May, A. (24 de julio de 2014). *Forbes.com*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de Las universidades y su impacto en el emprendimiento en México: <https://www.forbes.com.mx/las-universidades-y-su-impacto-en-el-emprendimiento-en-mexico>.
2. Casas, R. &. (2000). Dos ejes en la vinculación de las Universidades. México: Plaza y Valdés-IISUNAM-UAM.
3. Columbus, R. G. (s/f). ITES. Obtenido de Manual de instrumentos y recomendaciones sobre el seguimeitno de egresados: file:///D:/Manual%20de%20Seguimiento%20ITES%20Monterrey.pdf.
4. Dominique, F. &. (Junio de 2002). Fundamentos económicos de la sociedad del conocimiento. Comercio Exterior, 52(6).
5. Furham, A. (1995). Personalidad y diferencias individuales en el trabajo. Madrid: Pirámide.
6. García García, E., Garza Castaño, R., Sáenz Belmonte, L., & Sepúlveda García, L. (2003). Formación de Emprendedores. México: Compañía Editorial Continental.
7. I.P.N. (s/f). Metodología para realizar estudios de Seguimiento de Egresados en el Instituto Politecnico Nacional. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de Instituto Politecnico Nacional:
8. [http://www.dess.seis.ipn.mx/egresados/Documents/pdf/EstudioEgre/metodologia\\_enc\\_egresados3bcd.pdf](http://www.dess.seis.ipn.mx/egresados/Documents/pdf/EstudioEgre/metodologia_enc_egresados3bcd.pdf).
9. ITC. (2015). Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018 del Instituto Tecnológico de Cuautla. México: ITC.

10. ITC. (29 de mayo de 2018). [www.itcuautla.edu.mx](http://www.itcuautla.edu.mx). Obtenido de [www.itcuautla.edu.mx](http://www.itcuautla.edu.mx).
11. Kantis, H., Federico, J., & Ibarra, S. (23 de abril de 2014). UnleashingIdeas.org. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de Índice de condiciones sistémicas para el emprendimiento dinámico.
12. Pallán Figueroa, C. (1992). Escolaridad, fuerza de trabajo y Universidad, frente al Tratado de Libre Comercio. México: Nueva Imagen.
13. Passarini, J. &. (2015). ITESO. Obtenido de Los estudios de seguimiento de graduados en el marco del aprendizaje durante toda la vida. Una visión sobre el contexto Latinoamericano:
14. <https://sinectica.iteso.mx/index.php/SINECTICA/article/view/585/770>.
15. *Revista-Global de Negocios (s.f.- b), metodología de seguimiento de egresados para fortalecer la vinculación de la universidad con la sociedad.* <http://www.theibfr2.com/RePEc/ibf/rgnego/rgn-v5n3-2017/RGN-V5N3-2017-8.pdf>.
16. TECNM. (2014). Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018 del Tecnológico Nacional de México. México: TecNM.
17. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas.* (2017). Elaboración de un programa de Seguimiento de Egresados para Licenciatura. Recuperado de [file:///C:/Users/itang/Downloads/Dialnet-laboracionDeUnProgramaDeSeguimientoDeEgresadosPar-5829983%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/itang/Downloads/Dialnet-laboracionDeUnProgramaDeSeguimientoDeEgresadosPar-5829983%20(1).pdf)

## IMPULSO AL EMPRENDIMIENTO EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

**M. L. Acosta-Miranda**<sup>1</sup>, **L. Ángeles-Hernández**<sup>2</sup>, **J. Mendoza-Hernández**<sup>3</sup>, **L. Camacho-Bandera**<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Económico-Administrativas del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla <sup>1</sup> Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N, Col. Juan Morales, C.P. 62826, Yecapixtla, Morelos. [monica.acosta@itcuautla.edu.mx](mailto:monica.acosta@itcuautla.edu.mx), <sup>1,2</sup> [liliana.camacho@itcuautla.edu.mx](mailto:liliana.camacho@itcuautla.edu.mx), <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla, [leonor.angeles@itcuautla.edu.mx](mailto:leonor.angeles@itcuautla.edu.mx) <sup>3</sup> Departamento de Metal- Mecánica del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla, [juan.mendoza@itcuautla.edu.mx](mailto:juan.mendoza@itcuautla.edu.mx)

*Área de participación: Investigación Docente (CB)*

**Resumen:** Este proyecto pretende revisar el impacto que han tenido las diversas actividades de emprendimiento del Tecnológico Nacional de México campus Cuautla, en el desarrollo de una cultura emprendedora en sus estudiantes que culmine en la creación de nuevas empresas. Esta información permitirá retroalimentar los planes y programas de estudio, las especialidades de los programas educativos, y las actividades del CIIE; detectando sus fortalezas y debilidades con la finalidad de mejorar adecuándolos a las necesidades del entorno. El desarrollo del proyecto contempla: Recabar información sobre el tema para construir el marco teórico y conceptual para proceder a definir las técnicas e instrumentos de investigación a utilizar. El análisis se plantea como retrospectivo y prospectivo, con un área de estudio básica de los egresados del Plan 2010 a la fecha y los estudiantes que actualmente cursan las asignaturas de Formulación y evaluación de proyectos en los diversos programas educativos ofertados en el ITC, con la finalidad de determinar cuántos de nuestros egresados son emprendedores y si existen estudiantes que esperan convertirse en empresarios, así como la forma en que las actividades escolares han fomentado en ellos dicha inquietud. El enfoque de la investigación se considera que sea mixto (cuantitativo y cualitativo). Lo anterior de acuerdo a la meta establecida en el Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018, de ofrecer Educación de Calidad, *impulsando el desarrollo del potencial de los mexicanos mediante el desarrollo científico, tecnológico y de la innovación; reconocidos pilares del crecimiento económico, social y sustentable de nuestro país* (PND, 2012).

### Introducción.

Desde los primeros años del Siglo XXI, un gran número de países han desarrollado políticas públicas en apoyo a la creación y expansión de nuevas empresas. En México esto ha llevado al involucramiento de las instituciones gubernamentales en la formulación de estas iniciativas. La principal razón es que se ha comprendido que las nuevas empresas se convierten cada vez más en una fuente importante de creación de empleos, lo que ha dado lugar a una amplia gama de programas de emprendimiento sobre todo en las Instituciones de Educación Superior, el apoyo al desarrollo de incubadoras, la eliminación o disminución de obstáculos regulatorios en la creación de empresas, las reformas de los mercados de capital para simplificar el acceso de nuevas empresas a programas de financiamiento, así como la apertura de nuevas líneas de crédito. (OCDE, 2010).

El Tecnológico Nacional de México (TecNM), en el artículo 2º. Fracción II de su Decreto de creación manifiesta su objetivo de: *formar profesionales e investigadores aptos para la aplicación y generación de conocimientos que les proporcionen las habilidades para la solución de problemas, con pensamiento crítico, sentido ético,*

*actitudes emprendedoras, de innovación y capacidad creativa para para la incorporación de los avances científicos y tecnológicos que contribuyan al desarrollo nacional y regional* (TecNM, 2018). Con la finalidad de atender este objetivo incluyó, a partir del año 2010, en todos los Programas Educativos que oferta, asignaturas relacionadas con Innovación, Emprendimiento y Formulación de Proyectos, al tiempo que rediseñó sus Eventos Nacionales de Innovación y Emprendedores para llevar a cabo el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica, así como apoyar la instalación en varios de sus campus, de Incubadoras de Empresas autorizadas por la Secretaría de Economía; todo esto con la finalidad de impulsar la creación y el desarrollo de nuevas organizaciones acorde a las políticas gubernamentales.

Aún y cuando muchas de estas actividades vienen desarrollándose desde hace varios años, actualmente, refiriéndonos en lo particular al Instituto Tecnológico de Cuautla, solo se tienen resultados aislados y momentáneos de todas ellas. No existen indicadores estadísticos confiables disponibles que permitan conocer fácilmente el tamaño del universo de las nuevas empresas surgidas a través de los proyectos realizados en el aula, ni su evolución a lo largo de los últimos años, o sus tasas de sobrevivencia, mucho menos se cuenta con información cualitativa al respecto. A la fecha solo se cuenta con referencias aisladas, como registros de los proyectos participantes en los diversos eventos, información estadística sobre las actividades de los Centros de Incubación y listados de alumnos que participaron en las exposiciones de proyectos en los últimos tres años, pero no existe ninguna actividad de seguimiento y dichos reportes no analizan los aspectos cualitativos que fomentan el interés por emprender en los estudiantes y egresados. Sin embargo, los docentes asesores de proyectos afirman que algunos de los egresados se han convertido en emprendedores pero no se conocen, de manera formal, los antecedentes ni los resultados obtenidos a la fecha.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Se podría pensar que la necesidad de ser emprendedor ha surgido en los actuales tiempos de crisis económicas a nivel mundial pero esto no es así. Emprendedores han existido siempre, algunos por necesidad, otros por simple curiosidad o inquietud; pero gracias a ellos podemos contar hoy en día con una gran cantidad de productos y servicios que a través de diversas empresas nos apoyan en nuestras actividades cotidianas.

En la actualidad es ampliamente reconocida la importancia de los emprendedores en el desarrollo social y económico de un país (Gonzalez, Peña, & Vega, 2010). En este sentido, las instituciones de educación superior (IES), como centros de formación y generación de conocimiento, constituyen el mejor escenario para despertar el espíritu emprendedor de sus estudiantes, docentes y demás miembros de la comunidad. Al respecto, en la Declaración Mundial sobre Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción de la UNESCO, se reafirma la necesidad de reforzar y renovar los vínculos entre la enseñanza superior y el mundo del trabajo en un contexto económico caracterizado por los cambios y nuevos modelos de

producción, explicitándose la tarea de las instituciones de educación superior de fomentar el espíritu de iniciativa y el aprender a emprender (UNESCO, 1998).

La creación de empresas y la innovación empresarial se está convirtiendo en una de las opciones con mayor incidencia en la creación de empleo, en el desarrollo económico, social y regional, en la opción de carrera por parte de la población y en el fomento de la innovación, por lo que, mediante diversas políticas públicas, se han diseñado medidas y programas de apoyo a la creación de nuevas empresas y la promoción del espíritu emprendedor (Díaz, Urbano, & Hernández, 2006).

Numerosos estudios han destacado el rol de las universidades como potenciales incubadoras de empresas de base tecnológica y la relevancia de enlazar en los programas educativos los conocimientos científicos con los requerimientos del sector productivo (González, 2010). Es importante considerar que la sociedad demanda cada vez más un papel activo de sus universidades, no sólo en la creación de conocimiento, sino en la transferencia del mismo. Así, las empresas universitarias, se han convertido en uno de los objetivos actuales de las autoridades académicas (Fernández, 2003) y es que la creación de empresas surgidas de las aulas de las IES demuestran el importante papel que estas juegan en la economía del conocimiento.

Es importante también mencionar, que estas nuevas empresas se sitúan cerca de donde se crean y así facilitan el crecimiento de la economía local. Impulsan cambios en las IES al facilitar la incorporación de titulados en estas empresas, creando un mercado de conocimiento mediante los recursos humanos y produciendo una mejor valoración de los resultados obtenidos en materia de investigación. (Rodeiro, Fernández, Rodríguez, & Otero, 2010).

Para fomentar el emprendimiento desde las aulas se necesita enseñar a establecer y lograr las metas, desarrollar aptitudes como la empatía y actitudes como el optimismo, así como generar en los estudiantes un refuerzo de la inteligencia emocional y de la autoconfianza.

La actitud emprendedora cada vez comienza a tratarse en el aula desde edades más tempranas ya que resulta necesario familiarizar a los niños con estos conceptos y captar su atención. Porque ser creativo implica saber ver las cosas de manera distinta a lo que consideramos normal o convencional. Significa atreverse a pensar de manera diferencial, es dar un paso más, ser innovador llevando a cabo esas ideas a la práctica. Por ello, es preciso enseñar a los alumnos la importancia de aportar sus propias soluciones para situaciones cotidianas, y darles la oportunidad de lanzarse y poner en marcha sus propios proyectos.

Una manera de motivar a los estudiantes en todos los niveles educativos es a través de concursos de emprendimientos, proyectos, aprendizaje cooperativo y en asignaturas con este tema en donde se les dé la posibilidad de lanzarse a poner en marcha sus propios proyectos.

Estas actividades no solo impactan con la creación de una empresa ya que aportan competencias, habilidades, capacidades, conocimientos y generan un cambio en

sus actitudes que son significativos en su desarrollo profesional ya que les permite imaginar ideas creativas y soluciones innovadoras alrededor de sus diversas actividades, les despierta la posibilidad de abandonar su zona de confort e iniciar una aventura empresarial por su cuenta.

Aunado a las anteriores ventajas que para el desarrollo personal genera el emprendimiento podemos sumar que el progreso requiere priorizar la generación de empresas ágiles y disruptivas, que son las creadoras de la innovación que acelera el bienestar económico y social. Por esta razón los gobiernos de muchos países en los últimos años buscan una presencia más activa en el ecosistema, participando como facilitador, inversor e integrador. Para ello en México se creó el Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM). (Arreola & Cardini May, 2014)

De acuerdo con el Índice de Condiciones Sistémicas para el Emprendimiento Dinámico, México es el segundo mejor país de Latinoamérica para emprender, sólo por debajo de Chile. Sus principales fortalezas son las políticas y regulaciones, las condiciones de la demanda y el capital social. Las principales debilidades son la cultura emprendedora, el capital humano emprendedor y la plataforma de ciencia y tecnología para la innovación (Kantis, Federico, & Ibarra, 2014). Afortunadamente, las debilidades pueden ser atacadas desde las IES.

Atender el emprendimiento desde las IES resulta más práctico ya que ofrece las siguientes ventajas:

2. Los planes y programas de estudio puedan actualizarse más rápida y armónicamente.
3. Las IES pueden establecer contactos con otros núcleos de innovación de diversos niveles.
4. Es posible integrar mejor la cultura del emprendimiento para que no solo sea una materia o programa aislado.
5. Desde el aula resulta más sencillo romper paradigmas como penalizar errores o el miedo al fracaso.
6. Es posible establecer esfuerzos conjuntos para compartir experiencias, sincronizar planes de trabajo y definir objetivos comunes a corto, mediano y largo plazo.

De acuerdo a un estudio publicado en la revista RIDE (Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo) el fomento de la cultura emprendedora es uno de los aspectos de la vinculación con un mayor seguimiento entre las IES mexicanas ya que un 89.6 % de las 347 IES analizadas realiza alguna actividad de fomento de la cultura emprendedora y un 85.6 % desarrolla algunas carreras que fomentan la cultura emprendedora (Santamaría & Brunet).

Las actividades de fomento de la cultura emprendedora que se realizan en la mayoría de las IES:

- Organización de eventos de emprendedores.
- Organización de cursos, talleres, seminarios, diplomados o pláticas.
- Organización de eventos de creatividad.

- Promoción de la participación de los estudiantes en eventos de emprendedores al exterior de la IES.
- Promoción de la participación de los estudiantes en eventos de creatividad al exterior de la IES.

## **Resultados y Discusión**

El presente proyecto se encuentra en su fase inicial recabando información sobre el tema en fuentes primarias y secundarias para construir el marco teórico y conceptual que de forma a un cuerpo de ideas sobre el objeto de estudio para posteriormente efectuar una revisión al planteamiento del problema.

Conociendo un poco más acerca del Estado del arte sobre el tema se procederá a definir las técnicas e instrumentos de investigación a utilizar. El análisis se plantea como retrospectivo y prospectivo, ya que el área de estudio básica serán los egresados del Plan 2010 a la fecha y la actual población estudiantil del Instituto Tecnológico de Cuautla, con la finalidad de determinar cuántos de nuestros egresados son emprendedores y si existen estudiantes que esperan convertirse en futuros empresarios, así como la forma en que las actividades escolares han fomentado en ellos dicha inquietud.

El enfoque de la investigación se considera que sea mixto (cuantitativo y cualitativo) ya que interesa conocer el número de empresas creadas a partir de un interés fomentado en el aula, sus condiciones y características, lo que se considera son aspectos cuantitativos, así como determinar el impacto que los programas de estudio y las diversas actividades establecidas por la institución han generado en ellos para provocar una cultura emprendedora, así como explorar su opinión acerca de este tipo de programas (parte cualitativa).

Para medir las variables y obtener la información que dé respuesta al problema de la investigación se considera utilizar un Muestreo al azar y sin reemplazo, ya que se tomará como población al total de egresados a partir de los planes 2010 y a los estudiantes actuales de 6º. a 8º. Semestre de todas las carreras, a los que se enviará el instrumento por medio del correo electrónico institucional.

El cuestionario a utilizar será formulado en atención a las interrogantes y los objetivos específicos de la investigación y buscará corresponder a la operación de las variables en sus dimensiones e indicadores, con preguntas cerradas policotómicas, con escalas aun no definidas.

Si resulta necesario, y en la manera de lo posible, se realizarán entrevistas principalmente a quienes han incursionado en actividades empresariales.

## **Conclusiones.**

De acuerdo a la investigación documental realizada a la fecha, la formación de emprendedores, desde las universidades, es una función académica cada día más valorada. Desde la década de los años 90 se ha convertido en uno de los objetivos

de la educación a nivel superior en Europa, Japón, Canadá, Estados Unidos y México (Angelelli, 2005).

A nivel internacional el emprendimiento en el aula sigue cobrando fuerza. Son varios los países en Hispanoamérica que han formulado políticas públicas de apoyo a los emprendedores. La estrategia más adecuada en el acto formativo se basa en la participación activa del estudiante en el proceso de formación fundamentado en el aprender haciendo desde la práctica continua, Con respecto a la forma de inserción en el plan de estudios de la formación emprendedora, el enfoque por competencias se considera el más adecuado y la transversalidad la forma de intervención más utilizada. La formación del docente es una dimensión fundamental en la formación de emprendedores, debiendo estar suficientemente preparado en la teoría y práctica del emprendimiento y de su formación, para lo cual varias IES contemplan programas especialmente dedicados a su formación. Se destaca la conveniencia que el docente sea en sí mismo un emprendedor, ya que sólo así podrá interiorizar las actitudes del ser emprendedor favoreciendo y enriqueciendo el acto formativo. Las IES, además de formar profesionistas pueden desempeñar un papel destacado en la formación de emprendedores y con ello contribuir al desarrollo económico y social, a nivel territorial, municipal, estatal y nacional. Estos emprendedores pueden robustecer el tejido económico y social de su localidad.

Fomentar el emprendimiento favorece la investigación y la innovación educativa mediante proyectos específicos que permitan que la vocación empresarial se convierta en una alternativa verdadera de inserción laboral para cualquier joven, a pesar de su inexperiencia o de sus limitaciones económicas. La iniciativa empresarial, ha de transformarse en el mejor medio para que los jóvenes, superando las barreras del mundo laboral, puedan desarrollar sus inquietudes profesionales y creativas, lo que redundará en beneficio de todos (Toribio, 2006). Anteriormente, el enfoque del emprendedor mexicano estaba orientado a crear negocio, identificar un mercado meta, lanzar un producto posicionado mediante una ventaja competitiva y lanzar su empresa. Pero en la actualidad, los emprendedores están más enfocados en resolver problemáticas de impacto social de manera sostenible y es a través de ello en donde se desarrolla la propuesta de valor.

Sin embargo y de acuerdo al informe 2015 de Educación Superior en Iberoamérica existe poca información documentada y sistemática respecto al tema y los datos obtenidos no arrojan valores significativos para su análisis, por lo que no se puede identificar la aportación de las IES en término e emprendimiento (UNIVERSIA, 2015). De ahí la necesidad de realizar investigaciones de este tipo que provean información sobre la realidad del emprendimiento al interior de las IES y permitan diseñar estrategias de mejora con la finalidad de generar un mayor impacto en el desarrollo económico regional.

## Referencias

1. Angelelli, P. (2005). *Banco Interamericano de Desarrollo*. Recuperado el 13 de Junio de 2018, de Banco Interamericano de Desarrollo: [www.bid.org](http://www.bid.org)

2. Arreola, J., & Cardini May, A. (24 de julio de 2014). *Forbes.com*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de Las universidades y su impacto en el emprendimiento en México: <https://www.forbes.com.mx/las-universidades-y-su-impacto-en-el-emprendimiento-en-mexico>
3. Diaz, J., Urbano, D., & Hernández, R. (2006). Factores institucionales informales de la creación de empresas. Un estudio comparativo regional. *Revista de Economía y Empresa*, 129-151.
4. Fernández, C. (2003). El capital riesgo y las spin-offs universitarias. *Iniciativa emprendedora*, 119-127.
5. Furham, A. (1995). *Personalidad y diferencias individuales en el trabajo*. Madrid: Pirámide.
6. García García, E., Garza Castaño, R., Sáenz Belmonte, L., & Sepúlveda García, L. (2003). *Formación de Emprendedores*. México: Compañía Editorial Continental.
7. Gómez, M. (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Córdoba, Argentina: Brujas.
8. Gonzalez, F., Peña, M., & Vega, Z. (2010). Formación emprendedora en el contexto de la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. *Revista Científica Digital del Centro de Investigación y Estudios Gerenciales*, 1(2), 11-31. Recuperado el 14 de Junio de 2018, de [http://www.grupocieg.org/archivos\\_revista/2010-1-2\(11-31\)](http://www.grupocieg.org/archivos_revista/2010-1-2(11-31))].
9. González, L. (2010). Factores determinantes de la creación de spin-offs universitarias. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 47-68.
10. Kantis, H., Federico, J., & Ibarra, S. (23 de abril de 2014). *UnleashingIdeas.org*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de Índice de condiciones sistémicas para el emprendimiento dinámico.
11. OCDE. (2010). High-Growth Enterprises: What Governments Can Do to Make a Difference, OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship, . *High-Growth Enterprises: What Governments Can Do to Make a Difference, OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship*, . París, Francia.
12. PND. (2012). *Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018*. CDMX.
13. Rodeiro, D., Fernández, S., Rodríguez, A., & Otero, L. (2010). Factores determinantes de la creación de spin-offs universitarias. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 47-68.
14. Santamaría, C., & Brunet, I. (s.f.). *Ride*. Recuperado el 9 de Junio de 2018, de Creación de empresas y spin-off universitarias en México: <http://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/2/10>
15. TecNM. (2018). Convocatoria Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2018. *Convocatoria Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2018*. CDMX, México.
16. Toribio, M. (2006). Enseñar y aprender desde la experiencia. *EYADE*. Recuperado el 6 de Junio de 2018, de [https://www.iesfelipesolis.com/pluginfile.php/8836/mod\\_resource/content/1/revista\\_eya\\_de.pdf](https://www.iesfelipesolis.com/pluginfile.php/8836/mod_resource/content/1/revista_eya_de.pdf)
17. UNESCO. (1998). *Declaración Mundial sobre la Educación Superior: visión y acción*. Recuperado el 14 de Junio de 2018, de [http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration\\_spa.htm](http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm)].
18. UNIVERSIA. (2015). *La transferencia de I + D, la innovación y el emprendimiento en las Universidades*. Recuperado el 17 de Junio de 2018, de Educación Superior en

Iberoamerica

Informe2015:

<https://www.redemprendia.org/sites/default/files/descargas/informeTransferencial%2BD2015.pdf>

# LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE CONTADOR PÚBLICO COMO ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA

R. I. Plata-Navarrete<sup>1</sup>, B. Martínez-López<sup>1</sup>, G. Esquivel-de Jesús<sup>1</sup>, C. J. Brito-Carrillo<sup>2</sup> y L. B. Galindo-Téllez<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>División de la Carrera de Contador Público del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, México-[alesi\\_29\\_05@hotmail.com](mailto:alesi_29_05@hotmail.com), [betsaml23@hotmail.com](mailto:betsaml23@hotmail.com), [profgabo@hotmail.com](mailto:profgabo@hotmail.com), [lic.lilianabelem@hotmail.com](mailto:lic.lilianabelem@hotmail.com) <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de la Guajira, Colombia-[clarabrito@uniguajira.edu.co](mailto:clarabrito@uniguajira.edu.co) <sup>3</sup>División de la Carrera de Contador Público del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, Avenida Instituto Tecnológico s/n Ejido de San Felipe, C. P. 50640, San Felipe del Progreso, Estado de México.

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** El artículo representa los inicios de una investigación que tiene como finalidad identificar plenamente la necesidad de incluir la Perspectiva de Género en el Programa Académico de Contador Público como Actividad Complementaria; es un esbozo del marco legal de la Educación Superior Tecnológica en México, que legitima el estudio y la propuesta. Queda un arduo trabajo que desarrollar, sin embargo, es sólida la base teórica de la que se parte y sobre todo, la intención de contribuir en la erradicación de conductas que hacen distinción entre las capacidades de mujeres y hombres quienes son estudiantes del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos. La intención es difundir esta investigación y realizar una comparativa con otros Tecnológicos Nacionales e intercambiar conocimientos con otras Instituciones de Educación Superior extranjeras con necesidades similares, caso concreto Colombia.

## Introducción

En el contexto socio-cultural persiste la subordinación de las mujeres a los hombres, esto trae como consecuencia un desequilibrio de oportunidades y derechos que afecta de manera directa sólo a las mujeres.

La desigualdad reflejada en las estructuras sociales, políticas y económicas, se legitima en una aparente superioridad masculina en relación a su constitución física y características biológicas. Estas diferencias entre hombres y mujeres produce que se les asignen roles diferentes en la estructura social y con ello diferentes oficios o profesiones; y que incluso estas actividades sean valoradas según quien las realice, esto ha generado desigualdades, discriminación, injusticias e incluso violencia contra las mujeres.

Las desigualdades entre mujeres y hombres pueden ser erradicadas a través de políticas con perspectiva de género que trasciendan en la modificación de roles en favor de transformaciones en la cultura y estructura de la sociedad.

En 1990, en Tailandia, se llevó a cabo La Conferencia Mundial Sobre la Educación para Todos; casi 30 años después, se sigue observando la necesidad de considerar la educación como un derecho fundamental de mujeres y hombres, de todas las edades y del mundo entero. Se debe reconocer que la educación contribuye a lograr un mundo más seguro, más sano, más próspero y ambientalmente más puro,

favoreciendo el progreso social, económico y cultural, la tolerancia y la cooperación internacional. La educación es una condición indispensable para el progreso personal y el de la sociedad.

Como una herramienta para hacer frente a estas desigualdades sociales entre mujeres y hombres; y coadyuvar a la armonía social, es responsabilidad del sistema educativo mexicano implementar políticas que rompan falsas creencias sociales en razón de las diferencias de género.

En el Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, se lleva a cabo el proyecto de investigación enfocado a incluir la perspectiva de género como actividad complementaria en el programa académico de Contador Público; es decir, como una herramienta de análisis que posibilita una nueva manera de ver e interpretar los fenómenos sociales que se refieren a las relaciones entre mujeres y hombres.

Para concretar esta idea de investigación, es necesario adentrarse en la normatividad que fundamenta el objeto de ser del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, para estar en aptitud de proponer la herramienta más efectiva para promover la perspectiva de género en las y los estudiantes del Tecnológico.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como el máximo ordenamiento jurídico en el país, marca las directrices en la conducción de la Nación, contiene el mínimo de derechos humanos reconocidos y la estructura organizacional del gobierno.

Antes del año próximo pasado, a través del Plan Nacional de Desarrollo, de las cinco metas nacionales, una hacía referencia a un *México incluyente* y otra a un *México con educación de calidad*, aún no se define el Plan Nacional de Desarrollo que regirá la actividad del ejecutivo los próximos seis años, sin embargo, el artículo 3° Constitucional establece que:

“ ...

La educación que imparta el Estado tenderá a desarrollar armónicamente, todas las facultades del ser humano y fomentará en él, a la vez, el amor a la Patria, el respeto a los derechos humanos y la conciencia de la solidaridad internacional, en la independencia y en la justicia.

...  
II.

El criterio que orientará a esa educación se basará en los resultados del progreso científico, luchará contra la ignorancia y sus efectos, las servidumbres, los fanatismos y los prejuicios.

Además:

...

c) Contribuirá a la mejor convivencia humana, a fin de fortalecer el aprecio y respeto por la diversidad cultural, la dignidad de la persona, la integridad de la familia, la convicción del interés general de la sociedad, los ideales de fraternidad e igualdad de derechos de todos, evitando los privilegios de razas, de religión, de grupos, de sexos o de individuos...  
**(CPEUM, 2019: 5)**

La educación en México tiene como objetivo el desarrollo armónico de todas las facultades del ser humano, cabe resaltar que no refiere términos que impliquen discriminación como las palabras personas, ciudadanos o mexicanos, que dejarían fuera de este reconocimiento de derecho a otros sectores de la población; para lograr este desarrollo armónico, es indispensable el respeto a los derechos humanos, para el caso concreto el derecho a la educación y la igualdad entre mujeres y hombres.

Otro fin de la educación en México es luchar contra la ignorancia y los prejuicios, incluidos los efectos de ambos; implica erradicar la falsa idea que por cuestiones biológicas las mujeres son inferiores a los hombres. La educación debe contribuir a mejorar la convivencia humana y dignificar a las personas; promoviendo la igualdad de derechos de todos y evitando los privilegios de sexos o de individuos.

Cabe resaltar que el fundamento Constitucional de la educación en México, establece la obligación del Estado de promover y atender todos los tipos y modalidades educativos, entre estos, la Educación Superior Tecnológica para el desarrollo de la nación y el fortalecimiento de la cultura.

En la ley reglamentaria de este artículo 3° Constitucional, la Ley General de Educación, a pesar de que va enfocada primordialmente a la educación obligatoria -preescolar, primaria, secundaria y media superior-, es pertinente destacar lo siguiente:

“Artículo 2o.- Todo individuo tiene derecho a recibir educación de calidad en condiciones de equidad, por lo tanto, todos los habitantes del país tienen las mismas oportunidades ....  
La educación es medio fundamental para adquirir, transmitir y acrecentar la cultura; ... y para formar a mujeres y a hombres, de manera que tengan sentido de solidaridad social.” (Ley General de Educación, 2019: 1)

Como se puede observar mantiene la línea que marca la Ley Fundamental de la Nación, transitar por la vía de la equidad para lograr la máxima de la igualdad como un derecho fundamental, lo más interesante de este precepto es el reconocimiento de formar hombres y mujeres para darle sentido a la solidaridad social. Aunado a esto, la misma ley refiere que los organismos descentralizados que tengan por objeto la impartición de educación, tienen además el siguiente fin:

“Artículo 7o.- ...

VI.- Promover el valor de la justicia, de la observancia de la Ley y de la igualdad de los individuos ante ésta, propiciar la cultura de la legalidad, de la inclusión y la no discriminación, de la paz y la no violencia en cualquier tipo de sus manifestaciones, así como el conocimiento de los Derechos Humanos y el respeto a los mismos;...” (Ley General de Educación, 2019: 3)

El fin en sí mismo, representa la razón deontológica de los Tecnológicos, como organismos descentralizados en México, no se trata solo de impartir educación superior, sino de formar de manera integral a los futuros profesionistas de México, consientes de una realidad social donde el sentido humano debe prevalecer y ser la parte fundamental de la persona y su ejercicio profesional.

El Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, pertenece al Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, quien comienza su historia en 1948, cuando se crearon los primeros Institutos Tecnológicos, en el norte del país, para 1955, estos cuatro Tecnológicos tenían una matrícula que no rebasaba los 1,800 estudiantes, de los cuales solo 107 eran mujeres, dato interesante para proponer precisamente la perspectiva de género en los estudiantes del tecnológico, para coadyuvar en la eliminación de estereotipos y desigualdades sociales.

Para hacer frente a la demanda de las necesidades geográficas y sociales, para el año de 1990, inician actividades los Institutos Tecnológicos Descentralizados de los gobiernos estatales, con base también al desarrollo industrial de las zonas donde se fueron ubicando.

“El 23 de julio de 2014 fue publicado, en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto Presidencial por el que se crea la institución de educación superior tecnológica más grande de nuestro país, el Tecnológico Nacional de México (TecNM).

El Tecnológico Nacional de México está constituido por 254 instituciones, de las cuales 126 son Institutos Tecnológicos federales, 128 Institutos Tecnológicos Descentralizados.... En estas instituciones, el TecNM atiende a una población escolar de más de 600 mil estudiantes en licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional, incluida la Ciudad de México.” (TecNM Quiénes Somos, 2019: párr. 8-9)

La misión del Tecnológico Nacional de México, al brindar servicios de educación superior a más de 600 mil estudiantes, es tener una cobertura equitativa y propiciar la conformación de una sociedad más justa y humana.

Derivado del antecedente social, de considerar el desarrollo tecnológico y ciertos perfiles profesionales aptos únicamente para los hombres, es importante destacar, que en primera plana, el Tecnológico Nacional tiene presente su Política de Equidad de Género, donde reafirma el compromiso instituido por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley reglamentaria de promover:

“... la igualdad de oportunidades en el acceso y promoción del empleo, la prevención del hostigamiento sexual y la no discriminación entre hombres y mujeres; a través del desarrollo de acciones afirmativas y/o a favor del personal, con el propósito de mantener un ambiente de trabajo armonioso y favorecer la equidad de género.” **(TecNM Quiénes Somos, 2019: párr. 1)**

Para poder cumplir con el objetivo para que fue creado el Tecnológico Nacional de México, y lograr la excelencia educativa por más de 65 años, el documento rector implementado es el *Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales*, a través del cual se reconoce la educación como clave para el desarrollo económico y social del país, llevándola hasta el último rincón del territorio nacional, favoreciendo a los jóvenes pertenecientes a grupos vulnerables, promoviendo la equidad y siendo pilar para eliminación de las brechas económicas y sociales existentes en nuestro país, es decir, educación superior pública accesible a la juventud.

...se infunde en los jóvenes el significado de los valores de justicia, equidad, respeto, solidaridad y armonía, tanto en relación con la persona y la sociedad, como con el medio, al formar profesionales competentes, aptos para resolver problemas, con visión creadora, emprendedores y con sentido crítico; que sean mejores ciudadanos, capaces de proponer alternativas de convivencia social, proyectos de desarrollo económico y de sustentabilidad ambiental, con visión de un mejor futuro para nuestro país.” **(Modelo Educativo para el Siglo XX, 2012: 14)**

Partiendo de la premisa que la educación integral debe considerar los temas sociales emergentes y urgentes para mejorar la condición de vida de todas las personas, el Modelo Educativo es una representación de lo real, recogiendo aspiraciones de transformación de la sociedad, los retos y lo posible; en la medida de dar pauta a las tres dimensiones esenciales del proceso educativo:

“La DIMENSIÓN FILOSÓFICA: Que se centra en la reflexión trascendental del hombre, la realidad, el conocimiento y la educación como componentes que permiten al ser humano –en su etapa de formación académica– identificarse como persona, ciudadano y profesional capaz de participar, con actitud ética, en la construcción de una sociedad democrática, equitativa y justa.

La DIMENSIÓN ACADÉMICA: ...

La DIMENSIÓN ORGANIZACIONAL: ....” **(Modelo Educativo para el Siglo XX, 2012: 19)**

La responsabilidad social del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos se centra en enfrentar y resolver los desafíos sociales ofreciendo la oportunidad de educación integral a la juventud mexicana; encontrando su fundamento en una filosofía que plantea el desarrollo integral del ser humano como eje central.

“... con el fin de que el futuro profesional egresado del Sistema participe en la sociedad desplegando todas sus potencialidades intelectuales, físicas y culturales que le permitan incidir, de manera ética y significativa, en el desarrollo de la comunidad en la que ejercerá su actividad productiva.” **(Modelo Educativo para el Siglo XX, 2012: 19)**

Para lograr ciudadanos con vocación, comprometidos con su ejercicio profesional ético y sobre todo, celosos del respeto irrestricto a los derechos humanos, conscientes de participar activamente en una sociedad igualitaria, libre de violencia y de actos de discriminación, el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, se centra, entre otros, en estos Principios Filosóficos:

- “ 1.- El ser humano como persona es un fin en sí mismo, inmanente en tanto mantiene su esencia humana; ...
- 2.- El ser humano como ciudadano, creador de cultura y símbolos, moldea su identidad y participa en el compromiso colectivo de construir y preservar una sociedad democrática, justa y equitativa. ...
- 3. El ser humano, como sujeto de aprendizaje, pensante y crítico, ...
- 6. La educación sitúa, forma y desarrolla integralmente a la persona; ...
- 7. La educación tiene como objetivo primordial contribuir a la formación del individuo, ...” **(Modelo Educativo para el Siglo XX, 2012: 23)**

En esta dimensión filosófica se establece una visión y una misión, basadas en la función educativa en la estructura social para concretar los conceptos filosóficos y convertirlos en un distintivo de los egresados del sistema tecnológico. Éste código establece las consideraciones éticas para crear ambientes de convivencia armónicos que propicien el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico, subrayando la equidad de género

“Con base en esta riqueza axiológica universal, histórica, social e institucional, el SNIT asume como distintivos en su accionar cotidiano, imprescindibles en el camino hacia su visión, y fundamentales en el cumplimiento de su misión, las siguientes consideraciones éticas:

- 1. De la dignidad humana...
- 2. De la libertad, la justicia y la equidad...
- 3. De la identidad, el sentido y la ética Identidad nacional y cultura universal...

Además de estas consideraciones éticas, el personal docente y no docente del SNIT está comprometido en el respeto y la práctica del Código de Conducta de la Secretaría de Educación Pública, así como con los valores definidos en sus documentos rectores.” **(Modelo Educativo para el Siglo XX, 2012: 28)**

Si bien es cierto, el eje central del Sistema Educativo Mexicano son los estudiantes, pilar fundamental de su desarrollo integral son los docentes, incluso, la normatividad antes expuesta, alcanza en el sentido de garantizar al docente todas las herramientas para que pueda realizar su actividad preponderante, que es la

enseñanza, volviéndolo copartícipe activo para propiciar que se cumplan todos y cada uno de los preceptos constitucionales y administrativos para la formación profesional de los jóvenes mexicanos.

## Resultados y Discusión

Representa una investigación inicial, aun no hay resultados.

## Conclusiones

A fin de dar cabal cumplimiento a los Tratados Internacionales de los que México es parte, a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Educación y al Modelo Educativo; directrices del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, documentos donde se establece la apremiante necesidad de promover la igualdad de trato entre mujeres y hombres para hacer una sociedad más justa y lograr una convivencia armónica, es necesario incluir LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE CONTADOR PÚBLICO COMO ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA.

Por decreto del ejecutivo del Estado de México, en el año 2001, se crea el Organismo Público Descentralizado de Carácter Estatal Denominado TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE SAN FELIPE DEL PROGRESO, que tiene como objeto realizar el proceso enseñanza-aprendizaje con actividades curriculares debidamente planeadas y ejecutadas, sujetándose al Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México, documento que permite la operación e implementación de todos aquellos programas y proyectos del proceso enseñanza-aprendizaje. El Lineamiento para el Cumplimiento de Actividades Complementarias tiene como propósito fortalecer la formación integral de los estudiantes con el objetivo de complementar el desarrollo de competencias profesionales, dejando abierta la posibilidad de que la Institución considere la actividad por su necesidad, relación o impacto en el estudiante.

“El valor curricular para el conjunto de las actividades complementarias establecidas en el plan de estudios es de cinco créditos, considerando que por cada crédito equivale a veinte horas efectivas y verificables, su cumplimiento debe ser dentro de los seis primeros semestres.” **(Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México, 2015: 70)**

La intención es que a través de un taller complementario que se oferte a los estudiantes de la Carrera de Contador Público, durante su primer año en el Tecnológico, se les dote de una herramienta de análisis que posibilite una nueva manera de ver e interpretar los fenómenos sociales que se refieren a las relaciones entre mujeres y hombres, y que a la larga y como resultado de esta investigación inicial se pueda replicar en otras carreras de la misma institución, en razón que de los 2,283 estudiantes que constituyen la matrícula general del Tecnológico; 1,439 son hombres y 844 mujeres, convencidos que el Sistema Nacional de Institutos

Tecnológicos moldea a los futuros profesionistas del país y que en sus manos estarán la toma de decisiones para la conducción de la Nación, no se debe descuidar el aspecto humano y la necesidad de ser una sociedad justa e incluyente. Pretendiendo, incluso, que de ser eficaz la herramienta, se aplique en todos los Tecnológicos en México, incluso realizar estudios comparativos con otros países y enriquecer la investigación.

### **Agradecimientos**

Por la disposición a participar en esta investigación y por la información para iniciar con la comparativa entre México y Colombia; a la Mtra. Clara Judith Brito Carrillo. Por siempre mostrar disposición para entregar información indispensable de la Jefatura de Control Escolar del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso; a la L. A. I. Rosa Andrea González Flores.

### **Referencias**

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2019). Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/cpeum.htm>.
2. Ley General de Educación (2019). Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lge.htm>
3. TecNM Quiénes Somos (2019). Recuperado de <https://www.tecnm.mx/informacion/sistema-nacional-de-educacion-superior-tecnologica>
4. Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales (2012). Recuperado de: <https://www.tecnm.mx/director-general/modelo-educativo-para-el-siglo-xxi-formacion-y-desarrollo-de-competencias-profesionales-dp2>
5. Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México (2015). Recuperado de: <https://www.tecnm.mx>

# COMPETENCIAS DE EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN EN EL ESCENARIO DE LA CARRERA DE CONTADOR PÚBLICO DEL TESSFP

D. M. Castolo-Servin<sup>1</sup>, A. Cruz López<sup>1</sup>, A. Gil-Antonio<sup>1</sup> y A. López Camacho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Contaduría Pública del Instituto Tecnológico de San Felipe del Progreso, Avenida Tecnológico SN, Ejido de San Felipe del Progreso, México- [castolodul@gmail.com](mailto:castolodul@gmail.com), [alba\\_cruz3@hotmail.com](mailto:alba_cruz3@hotmail.com), [aminoago@hotmail.com](mailto:aminoago@hotmail.com), [araceli2081@yahoo.com](mailto:araceli2081@yahoo.com).

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** La presente investigación brinda una perspectiva teórica de las acciones emprendidas por el Tecnológico Nacional de México, para alcanzar competencias de emprendimiento e innovación como marco regulador de las estrategias implementadas en el contexto de la Carrera de Contador Público del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso. Para lo cual se realizó un estudio de caso de enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo. Como hallazgo, sobresale que la carrera a lo largo de sus trece años ha adaptado paulatinamente iniciativas que contribuyen su misión de formar emprendedores bajo la perspectiva de innovación; sin embargo, aún existen áreas de oportunidad por explorar bajo el esquema de las directrices del TecNM.

## Introducción

En la actualidad a las Instituciones de Educación Superior se les concibe como un sistema abierto, dinámico y sensible a las necesidades y exigencias del entorno, las cuales pueden contribuir de manera más inmediata al desarrollo económico y social de una región. El emprendimiento y la innovación se han considerado competencias fundamentales en los programas educativos, tal es el caso del TecNM cuya normatividad ha sido enfocada a enseñar al alumno a emprender y fomentar el espíritu de iniciativa para atender las necesidades de su entorno, a fin de que una vez concluida su formación profesional, sus condiciones de trabajo sean facilitadas. El Modelo Educativo para el Siglo XXI Formación y desarrollo de competencias profesionales es el documento que el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos ha estructurado con enfoque a la formación y el desarrollo de competencias profesionales, en este trabajo se analiza la dimensión académica donde se representan y expresan las características de la formación y el desarrollo de competencias profesionales en licenciatura, dentro del plano curricular se delinean los planes y los programas de estudio, propiciando el análisis de los programas del plan de estudio de la carrera de contador público del Tecnológico Nacional de México, dando a conocer las competencias referentes a la innovación y el emprendimiento con el propósito de orientar el proceso educativo a la formación de profesionales que impulsen la actividad productiva, la investigación científica, la innovación tecnológica, la transferencia de tecnologías, la creatividad y el emprendedurismo.

Para lo cual se realizó un estudio de caso de enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso de manera particular en la carrera de Contador Público. Como parte de las acciones relacionadas con el emprendimiento, actualmente se está desarrollando un proyecto

denominado “Limitaciones de emprendimiento en los jóvenes universitarios”. El cual tiene como objetivo potenciar las competencias emprendedoras en los estudiantes a través de la capacitación en habilidades personales, cognitivas y gerenciales.

En atención al Modelo Talento Emprendedor del TecNM se considera pertinente que se incorpore al mapa curricular del programa de contador público asignaturas sobre emprendimiento e innovación, en aras de desarrollar el espíritu emprendedor en los estudiantes y éstos identifiquen oportunidades de creación de empresas.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

Desde diversas perspectivas y áreas del conocimiento, el emprendimiento y la innovación son dos conceptos que han sido considerablemente analizados. La contribución de este binomio en la gesta de ventajas competitivas y desarrollo económico, ha generado un creciente interés de las administraciones públicas en cuanto al diseño e implementación de políticas orientadas al fomento y fortalecimiento de la actividad emprendedora e innovadora. Las instituciones de educación superior (IES), son pieza clave en los ecosistemas de emprendimiento e innovación; sin embargo, para afrontar los retos y demandas de la sociedad su adaptación ha sido paulatina bajo distintos momentos y contextos (Guerrero y Urbano, 2017).

Actualmente, las IES añaden el ingrediente de emprendimiento a sus procesos de formación, extensión e investigación con diversos enfoques, estrategias y acciones, a fin de generar desarrollo económico y social (Sanabria, Morales y Ortiz, 2015).

La Unesco (1998), planteó en su Declaración Mundial sobre la Educación Superior para el siglo XXI, que las IES deberían vincular los conocimientos al mundo laboral, ejecutar acciones para “aprender a emprender y fomentar el espíritu de iniciativa”, a fin de que una vez concluida su formación profesional, sus condiciones de trabajo sean facilitadas. Por tanto, se plantea como reto, la formación de profesionistas competentes para emprender proyectos de diversa índole (económicos, políticos, públicos o sociales), entes de cambio y crecimiento social; con la capacidad de asumir riesgos moderados y calculados como el que implica la creación de una empresa. Su formación, implica entonces desarrollar habilidades técnicas (comunicación oral y escrita, trabajo en red), de gestión empresarial (planeación y conocimientos técnicos) y personales (asumir riesgos, innovación y constancia) (Sanabria, Morales y Ortiz, 2015).

El Modelo Educativo para el Siglo XXI Formación y desarrollo de competencias profesionales es el documento que el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos ha estructurado con enfoque a la formación y el desarrollo de competencias profesionales, regido por la premisa de formar capital humano de alto nivel, en el entendido de que es y será un referente institucional estratégico que alentará el quehacer académico concertado en los Tecnológicos y Centros del SNIT, con el fin de consolidar su desarrollo (TecNM, 2012).

Dicho modelo está sustentado en las tres dimensiones esenciales del proceso educativo: filosófica, académica y organizacional. En la dimensión académica se representan y expresan las características de la formación y el desarrollo de competencias profesionales en licenciatura, desde la perspectiva de tres planos esenciales: el social, el psicopedagógico, y el curricular.

En el plano curricular se delinear los planes y los programas de estudio como estructuras que articulan las relaciones lógico- epistemológicas entre los contenidos, las necesidades y exigencias sociales y, por otra, la interconexión y el quehacer de las academias, en cuanto agentes que instituyen, dan vida y activan los dos planos anteriores (TecNM, 2012).

Por otra parte, las academias constituyen cuerpos colegiados de docentes que dan valor al trabajo compartido en materia de planeación conjunta e interdisciplinaria, mediante mecanismos que privilegian ese espacio de diálogo, análisis y debate para la definición, desarrollo y evaluación de proyectos en los ámbitos de la docencia, la investigación, la innovación, la vinculación y gestión, así como en los procesos de diseño, desarrollo, ejecución y evaluación curricular (TecNM, 2012). Entre sus actividades se encuentran la formulación de propuestas de innovación curricular, definición de especialidades y estudios de posgrado con base en el análisis integral del plan de estudios y de información adicional confiable y pertinente.

De acuerdo a los programas del plan de estudio de la carrera de contador público del Tecnológico Nacional de México (TecNM, 2016), en relación a las competencias de emprendimiento e innovación se tienen las siguientes competencias generales:

- Capacidad crítica y autocrítica
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente
- Capacidad de investigación
- Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes
- Capacidad para organizar y planificar el tiempo
- Capacidad para tomar decisiones
- Compromiso con la calidad
- Compromiso ético
- Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión
- Habilidad para trabajar en forma autónoma
- Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación
- Habilidades interpersonales
- Trabajo en equipo

## **Descripción de caso**

### **El Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso (TESSFP)**

El 11 de enero de 2001, se creó el TESSFP, como Organismo Público Descentralizado de carácter estatal con personalidad jurídica y patrimonio propio,

oficializado mediante Decreto del Ejecutivo del Estado, publicado en la Gaceta del Gobierno. Con la intención de ampliar las oportunidades educativas en beneficio de los estudiantes, el primero de julio de 2010, se autoriza al Tecnológico la operación del Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales. Con el propósito de orientar el proceso educativo a la formación de profesionales que impulsen la actividad productiva, la investigación científica, la innovación tecnológica, la transferencia de tecnologías, la creatividad y el **emprendedurismo**, lo cual incide en un mayor desarrollo social, económico, cultural y humano del municipio, la región y el Estado de México. El TESSFP, oferta seis programas académicos: Ingeniería Civil, Ingeniería en informática, Ingeniería Química, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería en Industrias Alimentarias y Contador Público, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Matricula del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso.

Programa de estudios						
Ingeniería Civil	Ingeniería Informática	Ingeniería Química	Contador Público	Ingeniería en Energías Renovables	Ingeniería en Industrias alimentarias	Total
880	327	440	390	130	116	2,283

Fuente. Elaboración propia con base en información proporcionada por control escolar.

De acuerdo al plan de estudios COPU-2010-205, el objetivo general del programa de estudios del contador público es formar profesionales competitivos, capaces de diseñar, establecer, aplicar, controlar y evaluar sistemas de información financiera, administrativa y fiscal, dentro del marco legal vigente para la toma de decisiones de las entidades económicas nacionales e internacionales, con una actitud ética, crítica, **empresarial** y de liderazgo, a través de la investigación y el uso de la tecnología de la información y comunicaciones, fomentando el desarrollo sustentable.

Por otra parte, uno de los objetivos del proceso educativo del TESSFP, es la formación de profesionales que impulsen la creatividad y el emprendedurismo como una forma de colaborar con la sociedad en la creación de empleos. Para dar cumplimiento a este objetivo, es manifiesto que el Tecnológico tiene que preparar a sus estudiantes en aquellas competencias empresariales que la sociedad demanda como prioritarias. Por ello es importante la incorporación a los planes de estudio de asignaturas centradas en emprendimiento e innovación, así como todo tipo de formación no reglamentada en el programa de estudios, ya sean talleres, conferencias, cursos, seminarios, etc.

Como parte de las acciones relacionadas con el emprendimiento, en el TESSFP, actualmente se está desarrollando un proyecto denominado "Limitaciones de emprendimiento en los jóvenes universitarios". El cual tiene los siguientes objetivos:

- Analizar las limitaciones que impiden el emprendimiento en los jóvenes universitarios mediante la aplicación de un instrumento, para diseñar estrategias que fomenten la cultura emprendedora.
- Identificar las competencias para el emprendimiento de los jóvenes universitarios de los últimos semestres del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso
- Identificar las limitaciones que impiden el emprendimiento en lo jóvenes universitarios
- Diseñar estrategias que permitan desarrollar y fomentar la cultura emprendedora en los jóvenes universitarios

El proyecto se desarrollará en tres etapas, en la primera se identificarán las competencias necesarias con las que deben contar los jóvenes para emprender; durante la segunda se diagnosticarán las principales limitantes que tienen los universitarios para llevar a cabo el emprendimiento; finalmente en la tercera etapa se diseñarán estrategias para fomentar la cultura emprendedora en los jóvenes universitarios.

Con este proyecto, se busca potenciar las competencias emprendedoras en los estudiantes a través de la capacitación en habilidades personales, cognitivas y gerenciales.

Así mismo, se considera pertinente que se incorpore al mapa curricular del programa de contador público asignaturas sobre emprendimiento e innovación, en aras de desarrollar el espíritu emprendedor en los estudiantes y éstos identifiquen oportunidades de creación de empresas.

### **Resultados y Discusión**

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) propuso en 2013 el Modelo Talento Emprendedor (MTE), como respuesta a un escenario en el que el 95% de las instituciones de educación superior no administran un programa de emprendurismo, el 30% de sus egresados no encuentran un empleo acorde a su perfil y los programas de incubación generan empresas carentes innovación y habilidad de desarrollo, se perfilan solamente con fuentes de autoempleo. Así el modelo se perfila como una estrategia promotora de innovación tecnológica y el autoempleo entre los jóvenes a través del desarrollo del talento emprendedor y la construcción de un entorno en el que se genere riqueza y bienestar social en todo el país. (Martínez, Gutiérrez y Alcántar, 2018).

El modelo presenta tres fases, la primera de descubrimiento en la que se busca la motivación, la sensibilización y el autoconocimiento; la segunda, fase de creación e innovación, en la que se busca la innovación, simulación y creatividad y la tercera de emprendimiento en donde se da la experimentación, validación y aprendizaje (TecNM, 2014).

## Conclusiones

Las instituciones de educación superior juegan un rol fundamental en la educación sobre emprendimiento e innovación, ya que son las encargadas de dotar a los estudiantes no solo de conocimientos sino también habilidades y actitudes, mismos que transfieren a proyectos económicos y socialmente rentables. De esta forma colaboran con la sociedad en la generación de empleos.

Las competencias de emprendimiento e innovación integran diversas habilidades y actitudes como: trabajo en equipo, liderazgo, capacidad de organización, comunicación, persuasión, disposición al cambio, toma de decisiones, talento creativo e innovador, autonomía e iniciativa personal, visión realista, compromiso y responsabilidad, tolerancia al fracaso y a la frustración.

Después del análisis realizado a los documentos que establecen los lineamientos educativos del programa de contador público, en el Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso; Modelo educativo para el Siglo XXI, competencias profesionales y perfil de egreso del contador público. Se considera pertinente que se incorporen al mapa curricular asignaturas sobre emprendimiento e innovación, en aras de desarrollar el espíritu emprendedor en los estudiantes encaminado a realizar actividades que proporcionen bienestar social y desarrollo económico. Así mismo, para educar en competencias emprendedoras es preciso utilizar múltiples estrategias de enseñanza que permitan fomentar en los estudiantes una cultura de emprendimiento.

## Agradecimientos

El trabajo colaborativo de la Academia de Contador Público del TESSFP, fue esencial para la realización de la presente investigación. Gracias por su invaluable apoyo, retroalimentación y aliento no solo en esta tarea sino también en la labor docente que contribuye a formar en nuestros jóvenes un espíritu emprendedor como contribución a su desarrollo humano integral y el de sus comunidades de origen.

## Referencias

- Guerrero M. y Urbano D. (2017). Emprendimiento e innovación: realidades y retos de las universidades españolas. *Economía Industrial*, 404, 21-30.
- Martínez, F. J., Gutiérrez, L.G. y Alcántar, P. (2018). Emprendimiento como estrategia para la formación de líderes en Institutos Tecnológicos, un caso de éxito. *Revista electrónica ANFEI digital*, 4 (8), 1 – 6.
- Sanabria, P. E., Morales, M. E. y Ortiz Riaga C. (2015). Interacción universidad y entorno: marco para el emprendimiento. *Educ. Educ.*, 18, (1), 111-134. DOI: 10.5294/edu.2015.18.1.7
- Tecnológico Nacional de México (2016). *Documento Descriptivo del Programa del plan de estudio de la carrera de Contador Público*. México: Tecnológico Nacional de México.
- Tecnológico Nacional de México (2014). *Documento Descriptivo del Modelo Talento Emprendedor*. México: Tecnológico Nacional de México.
- Tecnológico Nacional de México (2012). *Documento Descriptivo del Modelo Educativo para el siglo XXI Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales*. México: Tecnológico Nacional de México.

# ÍNDICES Y MONITOREO DE REPROBACIÓN EN LAS IES-ITZACATEPEC

**M.E. María Elodia Salgado Peña<sup>1</sup>, C. Jessica Barreto Pérez. <sup>2</sup>,  
M.E.M. Arturo Díaz Villegas<sup>3</sup> y M.C.P. Arturo Emmanuel Díaz Domínguez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Coordinadora del Taller de Matemáticas, Departamento de Desarrollo Académico TecNM-Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-[maria.sp@itzacatepec.edu.mx](mailto:maria.sp@itzacatepec.edu.mx)

<sup>2</sup> Alumna de la carrera de Ingeniería en Administración TecNM-Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México

<sup>3</sup>Docente, Departamento de Ciencias Básicas TecNM-Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-[a\\_dvillegas@hotmail.com](mailto:a_dvillegas@hotmail.com)

<sup>4</sup>Docente, Departamento de Ciencias Básicas TecNM-Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-[arturo.dd@itzacatepec.edu.mx](mailto:arturo.dd@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Investigación Docente*

**Resumen:** La reprobación, el rezago estudiantil y los bajos índices de eficiencia terminal son un obstáculo que se encuentra entre los problemas más complejos y frecuentes que enfrentan las IES. El ITZ no está exento de esta problemática, debido a que históricamente se ha presentado un índice elevado de reprobación del 40% al 50% en las asignaturas de ciencias básicas en los semestres iniciales de las diferentes carreras, particularmente en Cálculo Diferencial, lo que ha impactado en el rezago escolar dando como consecuencia un incremento significativo en la deserción. Se realiza un análisis de los datos estadísticos que se tienen y se determinado que las raíces del problema son diversas; sin embargo, la principal es la debilidad en las competencias que presentan los estudiantes que ingresan, en temas básicos como álgebra, aritmética, trigonometría, geometría y capacidad de razonamiento; otras causas son de índole emocional y actitudinal provocadas por factores socioeconómicos.

## Introducción

La deserción a nivel superior sigue siendo un problema sin resolver, de acuerdo con Tinto (1989), en Norteamérica, a finales del siglo XX la tasa de deserción fue alrededor del 45%, a pesar de los cambios en el sistema educativo y en el número de estudiantes. En nuestro país, según la Asociación Nacional de Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2006: 236-237) la eficiencia terminal presentó un indicador del 67.8%.

Es por ello el gran interés por esta investigación a fin de identificar las causas que intervienen en la reprobación de los estudiantes y el rol del docente en su proceso de enseñanza-aprendizaje; para poder gestionar mejoras educativas mediante, un

modelo estratégico de intervención, que permita reducir el índice de reprobación en las asignaturas de ciencias básicas en los primeros semestres, disminuyendo el número de rezagos y para incrementar la eficiencia terminal.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

#### *Alcance de las estrategias de Intervención.*

El enlace de éste es en dos vertientes principales:

1. Reducir los índices de reprobación en la asignatura de cálculo diferencial, como una estrategia para disminuir el rezago educativo que se genera por la debilidad en las competencias en los siguientes temas básicos.
  - Álgebra: Signos algebraicos, leyes algebraicas, Productos notables, Factorización y Simplificación.
  - Aritmética: Adición, Sustracción y Multiplicación.
  - Trigonometría: Funciones trigonométricas e identidades trigonométricas.
2. Fortalecer las competencias actitudinales e interpersonales de los estudiantes (autoestima, trabajo en equipo, técnicas y hábitos de estudio etc.).

#### *Población objetivo*

La población objetivo está constituida por los estudiantes de los primeros tres semestres de las carreras que se ofertan en esta institución, incluyendo el proceso de selección de los estudiantes.

#### *Objetivo General*

Definir una estrategia para disminuir los índices de reprobación, rezago y deserción, con la finalidad de lograr que la mayoría de los estudiantes concluyan satisfactoriamente su formación profesional con las competencias requeridas para que se integren de manera efectiva a la sociedad.

#### *Objetivos específicos*

1. Identificar las causas de reprobación, rezago y deserción.
2. Implementar un modelo estratégico.
3. Reducir el rezago estudiantil mejorando la trayectoria y permanencia escolar de los estudiantes.

### **Resultados y Discusión**

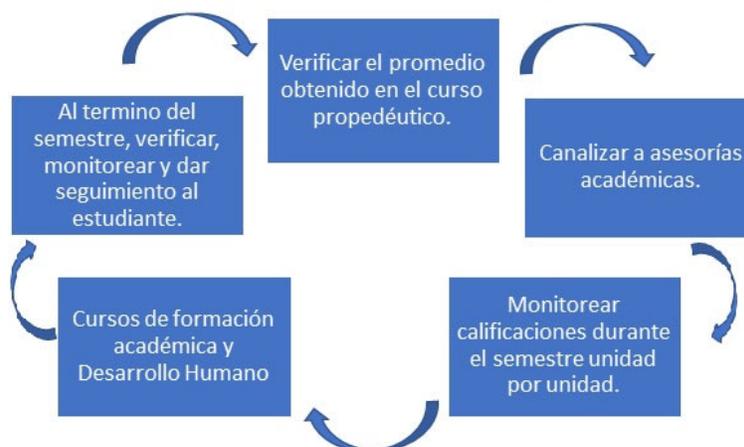
Con el objetivo de implementar estrategias que permitan mejorar la eficiencia terminal de los estudiantes que ingresan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ.) se aplica un: “Programa de asesoría académica en pares, para disminuir la reprobación en cálculo diferencial e incrementar la eficiencia terminal”.

Implementar, monitorear y verificar medidas de acción, para ello ha sido necesario abrir un espacio denominado “Taller de Matemáticas”, en donde se ofrecen asesorías en pares en la asignatura de cálculo diferencial impartida en el primer semestre asignado para todas las ingenieras, siendo esta el motivo de reprobación, rezago escolar y en un 35 a 40% de bajas.

Se aplicó una encuesta vía telefónica a los estudiantes para detectar lo que más afecta en su rendimiento escolar, que si tomamos en cuenta lo que la ANUIES ha mencionado como las principales causas: Bajo promedio en el bachillerato, estado civil, necesidades del estudiante de trabajar y estudiar, flexibilidad curricular, organización administrativa, infraestructura, ambiente académico y social.

Hasta este momento hemos detectado que lo que más afecta a los estudiantes en su rendimiento escolar son: carencia de los conocimientos previos en aritmética, algebra, trigonometría, situaciones emocionales diversas y desconocimiento a los lineamientos académicos de la institución. Estos factores ocasionan que el estudiante de los primeros semestres no alcance el nivel exigido por los estándares de conocimiento en el desarrollo de las competencias específicas y genéricas para la formación de ingenieros en esta institución.

Las medidas contenedoras que se implementan en el programa de asesoría académica de intervención para disminuir el rezago educativo en cálculo diferencial e incrementar la eficiencia terminal están relacionadas inherentemente a los estudiantes mediante la intervención, monitoreo y seguimiento de los estudiantes:



**Figura 1.** Diagrama de Seguimiento y Monitoreo

La asesoría académica y psicopedagógica son la base en la implementación de este programa, en donde, las asesorías en esta institución pueden ser concebidas como un proceso de ayuda integral al estudiante, que tienen como propósito fundamental la humanización y personalización de la educación, especialmente en lo que se refiere a la relación entre pares, y la formación de ambientes de aprendizaje y desarrollo humano rico en experiencias y oportunidad de autorrealización.

Acciones del programa de intervención para disminuir el rezago educativo en Ciencias Básicas e incrementar la eficiencia terminal.

- Estimular la permanencia eficiente y efectiva del estudiante disminuyendo la reprobación y deserción e incrementando la eficiencia terminal en los estudiantes del ITZ.
- Identificar permanentemente los factores que limitan el logro académico.

- Lograr que el estudiante supere su condición académica irregular (bajo rendimiento estudiantil, reprobación y ausentismo en las actividades de formación).
- Estimular el desarrollo de actitudes positivas y valores que permitan al estudiante enfrentar con madurez y determinación las dificultades particulares en su proceso de formación integral.
- Orientar al estudiante en cuanto a estrategias de aprendizaje y metodologías de estudio adecuadas.
- Promover en el estudiante los recursos personales (talento, vocación, valores) que le permitan asumir constructivamente, su responsabilidad como miembro de la comunidad tecnológica.
- Consolidar grupos de estudiantes asesores de apoyo y estímulo a la población estudiantil mediante la publicación de una convocatoria y por la recomendación de los jefes de carrera y maestros de ciencias básicas.

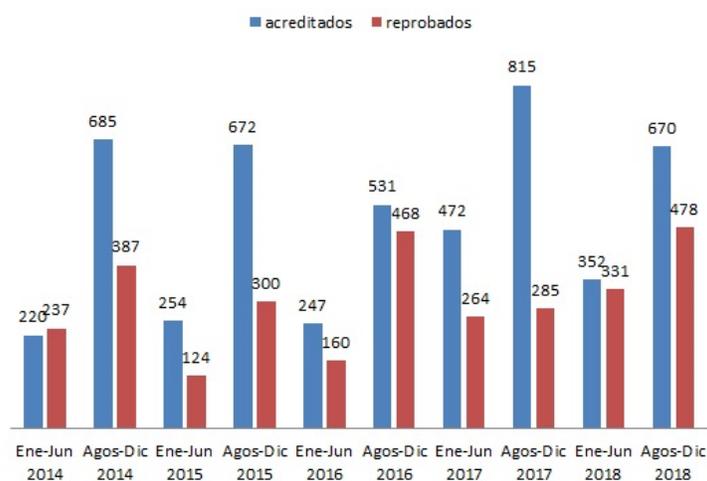


Figura 2. Estadística de seguimiento del impacto del programa.

## Conclusiones

La reprobación, deserción y baja de los estudiantes constituyen un problema en las instituciones de nivel superior al no concluir con sus estudios, es importante tomar acciones correctivas a través de un programa estratégico pedagógico; basado en las ocho disciplinas: Formación de un equipo de expertos que cubran todas las funciones, Definición íntegra del problema. Implementar y verificar una acción de contención provisional. Verificar la causa raíz. Determinar y verificar acciones correctivas. Como definición de acciones preventivas para evitar que un problema similar surja de nuevo. Implementar y verificar las acciones correctivas permanentes. Prevenir la re-ocurrencia del problema y/o su causa raíz. Reconocer los esfuerzos del equipo para incrementar la eficiencia terminal y sobre todo cumplir con la responsabilidad de formar profesionistas capaces que se integren de manera comprometida con el desarrollo de la sociedad.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado por parte de los directivos que integran y conforman el TecNM-Instituto Tecnológico de Zacatepec por brindarnos los espacios para realizar esta investigación para el bien de las y los estudiantes que se encuentran realizando sus estudios Superiores.

## Referencias

1. ANUIES (2001). Deserción, Rezago y Eficiencia Terminal en las IES. Propuesta metodológica para su estudio. Serie Investigaciones, México, ANUIES. <http://www.anuies.mx/anuies/libros98/lib64/indice.html> [consulta: noviembre 2015].)
2. Tinto, V. (1986): Una reconsideración de las teorías de la deserción estudiantil. En trayectoria escolar en la educación superior. ANUIES-SEP. México.

## TRANSICIONES EDUCATIVAS EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC

**R. Yáñez- Hernández<sup>1</sup>, J. C. Ortega-Millán<sup>1</sup>, D. Romero-Mendoza<sup>1</sup>, C. Dominguez-Quezada<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> *Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México.*  
[ryanezh@yahoo.com](mailto:ryanezh@yahoo.com), [carmen.om@itzacatepec.edu.mx](mailto:carmen.om@itzacatepec.edu.mx), [dromeromendoza@yahoo.com.mx](mailto:dromeromendoza@yahoo.com.mx),  
[cquezada\\_366@hotmail.com](mailto:cquezada_366@hotmail.com),

*Área de participación: Investigación docente (CB)*

**Resumen:** La presente ponencia se deriva de los Diagnósticos para la apertura de las carreras de Ingeniería Aeronáutica, Turismo y Diseño Industrial en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, efectuados entre agosto de 2014 a diciembre de 2015 y que se actualizaron entre agosto de 2016 y junio de 2017, a requerimiento de la autoridad educativa, con el objetivo de proporcionar información acerca de los siguientes rubros:

1. Los factores socioeconómicos:
  - a. El entorno regional, municipal y estatal y su estructura poblacional.
  - b. Política social
  - c. Política económica
  - d. Demanda estudiantil
  - e. Oferta educativa
2. Los factores institucionales:
  - a. Diagnóstico de recursos humanos, y financieros
  - b. Evaluación de los recursos
  - c. Necesidades de atención a la demanda
3. Las perspectivas de desarrollo:
  - a. Planeación
  - b. Evaluación
  - c. Ejecución

### Introducción

El reporte de ese estudio arrojó que la planta docente con la que cuenta el propio Instituto posee, en principio, todos los requerimientos y características profesionales para poder atender las nuevas carreras, sin necesidad de contratación de nuevos profesionistas o sólo para aquellas materias altamente especializadas para las que no se cuente con el recurso humano correspondiente.

Esta situación produjo que los profesores que antes atendían las carreras de Licenciatura en Administración, Ingeniería en Administración e Ingeniería en Gestión Empresarial, pudieran en su mayoría atender la carrera de Turismo.

De igual forma aparecen las transiciones del profesorado de diversos departamentos, que actualmente atienden las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Civil, para hacerse cargo de las nuevas ingenierías en Aeronáutica y Diseño Industrial.

Los contenidos de los planes y programas de estudio de todas estas ramas del conocimiento, aparentemente alejadas de su cometido profesionalizante unas de otras, están diseñadas de tal forma que se rigen bajo el enfoque de formación de emprendedores de los negocios asociados a las actividades propias de esas ramas económicas, por lo que dicha transición entre una carrera y otra aparece como un asunto relativamente sencillo.

Estamos convencidos que este problema tiene como trasfondo una problemática mayor en la que está inmersa la educación superior tecnológica. Es la de responder a los retos y desafíos que le impone un modelo de educación al servicio de las necesidades de desarrollo económico que privilegia las necesidades del empresariado nacional y extranjero en relación con la competencia mundial.

De esto se desprende, a nivel particular, la necesidad de efectuar una revisión profunda del trabajo docente del Instituto Tecnológico de Zacatepec en su vertiente académica, profesional y formativa, para determinar si lo que en el citado Diagnóstico es correcto y en qué medida habilitar profesores de una carrera a otra puede ser exitoso.

Esta ponencia presenta los estudios preliminares al respecto.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

La Actualización docente es hacer que los elementos lingüísticos abstractos o virtuales se conviertan en concretos e individuales.

Para remediar lo anterior se requiere un cambio profundo en las formas de enseñar, para ayudar a los estudiantes de educación superior a comprender los fenómenos de la misma manera como lo hacen los expertos en cada disciplina (Ramsden, 2007). De ahí la preocupación de las universidades por mejorar sus formas de enseñanza, reconociendo la escasez de trabajos acerca de cómo hacerlo y agravado por el hecho de que en las universidades se valora más la investigación que la enseñanza (Cid et al., 2009).

Por otra parte, no puede negarse el contexto donde el docente efectúa su actividad: las universidades están sometidas a diferentes presiones, como por ejemplo relacionar el financiamiento con el desempeño; otro asunto es que deben rendir cuentas acerca de en qué y cómo utilizan los recursos otorgados. Está también la demanda de atender una creciente población estudiantil con diferentes condiciones socioculturales y lidiar con el problema de contar con menos recursos (Ramsden, 2007). Lo que también es innegable es que lo realizado en este nivel forma parte de la tendencia mundial para buscar nuevas maneras de crear y utilizar el conocimiento (Hativa y Goodyear, 2002).

Una de las consecuencias de lo antes descrito es que el profesor de educación superior tendrá que volverse más profesional, es decir, tendrá que formalizar su preparación, sobre todo en lo que atañe a la didáctica, y comenzar a impartir clases sólo después de demostrar el dominio de las habilidades docentes. Actualmente el profesor universitario es considerado un profesional del conocimiento, con el mismo nivel y demanda que las grandes corporaciones tienen por este tipo de profesional (Hativa y Goodyear, 2002).

Las repercusiones de lo anterior en el profesor de educación superior es la exigencia de desempeñar diversos papeles. Ramsden (2007: 4-5) los resume así:

“Se espera que sea un excelente maestro, que diseñe cursos y aplique métodos de enseñanza adecuados para cumplir con los requerimientos de una población estudiantil heterogénea, que sepa lidiar con grupos numerosos de estudiantes, que utilice apropiadamente las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, que inspire a estudiantes con cero tolerancia a la frustración y cuya mente está más preocupada por su siguiente trabajo de medio tiempo que por el placer de aprender. Al mismo tiempo, se espera que sea altamente productivo en la investigación, que

pueda conseguir nuevos recursos financieros, que haga malabares para sortear con las nuevas demandas administrativas y rinda cuentas a una amplia variedad de jefes.”

En México, al profesor de educación superior, de acuerdo con el programa sectorial para el sexenio 2006-2012, se le concibe de la siguiente manera: “[Debe tener la:] Capacidad de realizar con alto desempeño las funciones básicas de docencia, generación y aplicación innovadora de conocimiento, tutoría y gestión académico administrativa” (Secretaría de Educación Pública, 2007:27).

El contexto descrito anteriormente se concreta en que nuestras universidades están siendo presionadas a estar innovando continuamente; todavía no se termina de consolidar la adopción de un nuevo modelo curricular cuando ya se tiene que aplicar el siguiente (Díaz Barriga, 2005). En esas circunstancias es difícil disponer de un modelo educativo coherente que integre en su conjunto la visión institucional y no sean sólo partes de un todo muchas veces incongruentes entre sí. Más preocupante es cuando los docentes no comprenden el modelo, siendo como son los principales actores que deberán aplicarlo (Díaz Barriga, 2006). El resultado educativo de lo antes expuesto es que a pesar de que en el discurso institucional las universidades están cambiando, en la práctica esto no ocurre: en la enseñanza cotidiana es raro ver esas modificaciones y siguen prevaleciendo las formas tradicionales de enseñar y evaluar. Así, las reformas educativas difícilmente se materializarán si no se le da una atención especial a la formación y al cambio de las concepciones pedagógicas de los maestros, dado que son ellos quienes determinan el éxito o fracaso de cualquier innovación educativa (Mellado, 2009). Los cambios en la docencia no se circunscriben únicamente a la actualización de determinada técnica didáctica o al uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC); implican confrontar las creencias que subyacen a la práctica docente —donde son sinónimos enseñar y exponer— para ayudar a los profesores a aceptar nuevos riesgos, abrirse a otras visiones de la enseñanza, hacer cosas que no hacían antes, volver a ser aprendices y mostrarse dispuestos a vivir nuevas experiencias educativas. Resumiendo, como afirman Me Alpine y Weston (2000:377, cit. en Kane et al., 2002: 182): “Los cambios fundamentales en la calidad de la enseñanza en educación superior La calidad de la enseñanza en educación superior son poco probables de ocurrir sin una modificación de las concepciones que, sobre la enseñanza, tienen los profesores”. En el marco de la Reforma Educativa, la actualización se inscribe como un componente necesario que habilita a los docentes para lograr del mejoramiento de la calidad de la educación, como mecanismo para que los beneficiarios de los servicios educativos puedan alcanzar mejores condiciones de vida.

Para hablar de formación docente, primero debo aclarar que es un concepto que se nombra de diferentes maneras tales como capacitación docente, formación docente, formación en servicio, desarrollo profesional, actualización, entrenamiento, entre otros, sin embargo para esta Tesis hablaré de formación docente, partiendo del concepto que Díaz-Barriga y Hernández (2004, p. 19) definen como un “proceso de desarrollo personal-profesional”. Es importante partir de esta definición ya que, al igual que los autores, veo la formación como algo que debe ayudar al profesor no sólo en su trabajo, sino también a nivel personal, mientras que muchas veces la capacitación tradicional se centra en el desarrollo de algo específico que por lo general está relacionado con el trabajo, como lo presenta por ejemplo, el Diccionario

de Psicología y Pedagogía (2004) para el cual la capacitación se define como la inclinación o preparación concreta para el cumplimiento de una tarea, que generalmente se evalúa a través de tests o exámenes, o bien, mediante la ejecución en una situación real. Por su parte, Machado y Baecker (2004) comparten en el prólogo de la ubicación ¿Cómo estamos formando a los maestros en América Latina? definición de lo que ellos llaman desarrollo profesional, pero que en base a la definición de Díaz-Barriga y Arceo reitera el concepto de formación que comparto para esta Tesis, “significa pensar en los docentes como autores y actores de los procesos educativos, como sujetos de aprendizaje y desarrollo permanente, como protagonistas de esta gran tarea social que es la educación” (p.vii). Por el contrario, Robalino (2004) habla de la formación como un componente del desarrollo profesional ya que “recupera para los maestros la necesidad de políticas, estrategias y acciones que garanticen su aprendizaje a lo largo de toda su vida profesional, [...] como protagonistas de una profesión en constante construcción” (p. 160), sin embargo es relevante porque toma en cuenta el aspecto de la formación como un proceso continuo.

La formación docente según Chehaybar y Kuri (2003) es un proceso permanente, dinámico, integrado, multidimensional, en el que convergen, entre otros elementos, la disciplina y sus aspectos teóricos, metodológicos, epistemológicos, didácticos, psicológicos, sociales, filosóficos e históricos, para lograr la profesionalización de la docencia.

Al surgir la necesidad de profesionalizar a los docentes se dio una mejor atención a la sociedad y esto logró el progreso de la educación, como se menciona en el documento La Situación del Personal Docente (UNESCO, 1966: 4). En el punto cuatro dice que "Debería reconocerse que el progreso de la educación depende en gran parte de la formación y de la competencia del profesorado, así como de las cualidades humanas, pedagógicas y profesionales de cada educador".

Las implicaciones de la profesionalización del docente, como bien comenta Mota (2006), tiene como objetivo hacer de la docencia una actividad profesional, una carrera; de tal forma que el arquitecto, el médico o el contador, independientemente de su formación original, pueden hacer de la docencia una actividad profesional. Las universidades requieren de profesionales de la docencia, no sólo de profesionistas. Este trabajo se ha desarrollado fundamentalmente con programas de posgrado. Las maestrías y especialidades en el área de educación, principalmente las orientadas a mejorar la calidad de la docencia, han sido la principal herramienta para la profesionalización del docente. Asimismo, el autor agrega que la formación docente está vinculada directamente con la profesionalización de la docencia. Esta idea ha sido rescatada por muchas instituciones de educación superior con la finalidad de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel universitario, y en consecuencia mejorar la calidad académica de los futuros profesionales que se integrarán a la comunidad. Desde una cierta perspectiva sociológica de las profesiones, en su vertiente funcionalista, diversos estudios definen la docencia como una "semiprofesión", en tanto no cumple con los requisitos básicos para constituirse en profesión o bien, como indica Santos Guerra (2001), porque el docente se mueve en un lugar intermedio y contradictorio entre los polos de la organización del trabajo. Las profesiones de cualquier ámbito deben reunir los siguientes rasgos: autonomía y

control del propio trabajo, auto organización en entidades profesionales, cuerpo de conocimientos consistentes de raíz científica, control en la preparación de los que se inician en la profesión, fuertes lazos entre los miembros y una ética compartida (FernándezEnguita, 1991). En este marco, se han intentado procesos de profesionalización docente, que buscan corregir aquellas deformaciones que no conforman los rasgos esperables de una profesión.

La creciente importancia dada al enfoque de competencias en la formación del profesorado se deriva de la mayor consideración de su trabajo como una profesión que posee un perfil profesional específico y distinto al de otros profesionales.

Una aportación importante para conceptualizar lo que significa entender la práctica de la enseñanza como una profesión, y derivar de ahí las implicaciones para la formación, procede de los estudios hechos a partir del trabajo de Schön (1992) sobre el profesional reflexivo.

¿Qué hace que una determinada práctica laboral (en este caso, la docencia) pueda tener el calificativo de profesional? Un profesional es alguien que aísla un problema, lo plantea, concibe y elabora una solución y se asegura su aplicación.

Además de lo anterior, no tiene un conocimiento previo sobre la solución a los problemas que eventualmente de su práctica habitual y cada vez que aparece uno debe elaborar una solución sobre la marcha. Los profesionales o el ser profesional, incluye la construcción de repertorios de ejemplos, imágenes, conocimientos y acciones (Schön, 1992). El profesional se ve obligado a “centrar el problema”, a tratar de descubrir aquello que resulta inadecuado en la situación y cómo actuar a continuación (Liston y Zeichner, 1993).

En todo caso, la enumeración de las cualidades que definen a cualquier profesional ha de efectuarse a partir de las tareas que se espera realicen; y el éxito profesional ha de juzgarse por los resultados obtenidos en el desempeño de esas tareas, teniendo en cuenta, el contexto y los procesos seguidos.

Según la definición de la UNESCO, se entiende por formación permanente del profesorado como “el proceso encaminado a la revisión y actualización de los conocimientos, actitudes y habilidades, originado por la necesidad de renovarlos y con la finalidad de adaptarlos a los cambios y avances de la sociedad”.

Esta actualización, centrada en las competencias profesionales, ha de dar respuesta al nuevo perfil docente y a las propias demandas de las funciones que debe desempeñar. Definitivamente, los programas que se oferten en la formación permanente deberían tener como misión el desarrollo.

La formación permanente, además de un derecho, es una obligación de todo el profesorado y su organización constituye una responsabilidad para los centros y para las Administraciones educativas.

## **Resultados y Discusión**

A principios del año 2019, solamente se había dado apertura al plan de estudios Licenciatura en Turismo (LTUR-2012-237), en el semestre Agosto-Diciembre 2016. Este plan de estudios está en su sexto semestre, se han impartido 38 materias en 131 grupos por 51 profesores, de los cuales 26 lo han hecho más de una vez, en 13 áreas generales de conocimiento.

Al hacer el análisis de la información documental y la correlación entre las variables: formación docente, experiencia profesional y área del conocimiento de la materia a impartir, se detectaron 17 transiciones docentes, las cuales se detallan a continuación: 2 en el área de conocimiento: Biología que representa el 11% del total, 1 en el área de ciencias de la tierra, lo que representa el 6%, en lo referente a cultura y artes fueron 5 transiciones, lo que representa el 29%, en el área de Economía fueron 2, es decir un 11% y por último en el área de conocimiento turismo, se contabilizaron 7 transiciones que representan el 42% del total de estas.

Este dato es relevante ya que es el área de especialidad de este plan de estudios, por lo que se recomienda revisar la de la asignación de estas asignaturas, ya que la plantilla del Departamento de ciencias económico administrativas cuenta con 9 docentes que cumplen al 100% con el perfil requerido, lo que representa el 14% del total de la misma.

### **Conclusiones**

La actualización en conocimientos, actitudes y destrezas profesionales resulta fundamental en cualquier profesión, lo es de manera especial en la profesión docente, cuyos profesionales, además de estar al día en conocimientos, deben hacer frente a situaciones cambiantes en su entorno laboral, inducidas por los cambios sociales, que demandan su atención y que a menudo conllevan un importante estrés laboral.

Este estudio demuestra que en este caso en particular los docentes del Instituto Tecnológico de Zacatepec son capaces de efectuar transiciones para cumplir con la recualificación continua, derivada de la necesidad de impartir los contenidos de las asignaturas que se le asignan y de adquirir nuevas habilidades, saber manejar nuevas herramientas, nuevas estrategias de enseñanza y formas de trabajar en equipo, con el objetivo de conseguir que los estudiantes aprendan, se formen como personas y se preparen para su inserción positiva en la vida social y laboral.

Es importante que las autoridades administrativas del Instituto pongan especial atención en la asignación de las materias a los docentes adscritos a cada uno de los departamentos académicos y que se aseguren que logren como docentes la comprensión de los contenidos de las asignaturas que imparten.

Este estudio de carácter exploratorio, da la pauta para realizar al final de esta primera generación un estudio concluyente sobre la congruencia y oportunidad de las transiciones docentes en un plan de estudios de nivel licenciatura.

### **Agradecimientos**

A la Academia del Departamento de Ciencias Económico Administrativas.

### **Referencias**

1. Consejo Escolar del Estado Español (2015). El profesorado del Siglo XXI. XXI Encuentro de Consejos escolares autonómicos y del Estado. SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. (16-17).

2. Jesús Carlos Guzmán\*. (2011). La calidad de la enseñanza en educación superior ¿Qué es una buena enseñanza en este nivel educativo? Perfiles educativos, 33, 85-98.
3. Magdalena Herdozza. (1998). "Capacitación docente", En Strengthening Achievement in Basic Education (SABE). Guatemala: AED PROJECT.  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lid/morales\\_p\\_a/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lid/morales_p_a/capitulo2.pdf)
4. Arenas Castellanos, Martha Vanessa, & Fernández de Juan, Teresa. (2009). Formación pedagógica docente y desempeño académico de alumnos en la facultad de Ciencias Administrativas de la UABC. Revista de la educación superior 38, 7-18. Recuperado en 02 de diciembre de 2017, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602009000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602009000200001&lng=es&tlng=es)
5. RAE. (2017). Diccionario de la lengua española. Diciembre 2 2017, de Real Academia Española. Sitio web: <http://dle.rae.es/?id=0d341nz>
6. Ramsden, Paul (2007), Learning to Teach in Higher Education, Londres/Nueva York, Routledge Falmer
7. Hativa, Nira y Peter Goodyear (2002), Teacher Thinking, Beliefs and Knowledge in Higher Education, Dordrecht/Boston/Londres, Kluwer Academic Publishers.
8. Díaz Barriga, Ángel (2006), "El enfoque de competencias en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio?", Perfiles Educativos, vol. XXVIII, núm. 111, pp. 7-36
9. McAlpine, Louise y Claire Weston (2002), "Reflection: Issues related to improving professor's teaching and student learning", en Nira Hativa y Peter Goodyear (eds.), Teacher Thinking, Beliefs and Knowledge in Higher Education, Dordrecht/Boston/London, Kluwer Academic Publishers, pp.59-78.
10. Díaz Barriga Arceo, F. y Hernández Rojas g. (2004). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. México D.F. Mc Graw Hill.
11. Machado. A.L. y Baecker. R (2004). El desarrollo profesional: una mirada integral sobre los docentes. En Flores Arevalo I.(2005) ¿Cómo estamos formando a los maestros en América Latina? Perú: Ministerio de la Educación República del Perú, PROEDUCA, GTZ. UNESCO.
12. Chehaybar y Kuri, Edith. (2007) Reflexiones sobre el papel del docente en la calidad educativa. Reencuentro, núm. 50, diciembre, 2007, pp. 100-106. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Distrito Federal, México.
13. Arenas Castellanos, Martha Vanessa y Fernández de Juan, Teresa. (2009). Formación pedagógica docente y desempeño académico de alumnos en la facultad de Ciencias Administrativas de la UABC. Rev. Educación Superior vol.38 no.150 México.
14. SANTOS GUERRA, M.A. (1999): Crítica de la eficacia y eficacia de la crítica. Lo verdadero, lo verosímil y lo verificable en el análisis de las instituciones educativas. Escuela pública y sociedad neoliberal. Miño y Dávila Editores. Madrid.
15. Donald Schön. (1992). La formación de profesionales reflexivos. Paidós. Barcelona
16. Liston, D.P.; Zeichner, K.M. (1993) Formación del Profesorado y condiciones sociales de la escolarización. Morata. Madrid.

## LA CULTURA DE LA PROTECCIÓN CIVIL EN EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

S. Castrejón-Pérez<sup>1</sup>, J. C. Flores-Cabrera<sup>1</sup>, F. Juárez-Herrera<sup>1</sup>, S. Y. Castillo-Ortiz<sup>2</sup>, y V. A. Monreal-Domínguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala [sofia.castrejon@itiguala.edu.mx](mailto:sofia.castrejon@itiguala.edu.mx), [jcesar.flores@itiguala.edu.mx](mailto:jcesar.flores@itiguala.edu.mx), [francisco.juarez@itiguala.edu.mx](mailto:francisco.juarez@itiguala.edu.mx), <sup>2</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala [sindya.castillo@itiguala.edu.mx](mailto:sindya.castillo@itiguala.edu.mx) <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala [v.am.d@hotmail.com](mailto:v.am.d@hotmail.com) Carretera Nacional Iguala-Taxco Esquina Periférico Norte. Col. Adolfo López Mateos Infonavit, Iguala Guerrero, México

*Área de participación: Innovación Estratégica en las Organizaciones.*

**Resumen:** En fechas recientes se han vivido sismos de mayores magnitudes, así como la intensidad de diferentes desastres naturales, que si bien no han tenido el impacto de pérdidas humanas tan grande; como el terremoto que sufrió México en 1985, desde esta fecha se han enfocado esfuerzos por desarrollar una cultura de protección civil; sin embargo a la par hemos observado fenómenos perturbadores de mayor magnitud por lo que las consecuencias en daños son mucho mayores. Por lo anterior, es necesario y urgente el desarrollo de resiliencia en los diferentes componentes de la sociedad. El presente trabajo parte de la investigación al interior del Tecnológico Nacional de México sobre el estado que guarda el desarrollo de la protección civil al interior de los Institutos Tecnológicos que lo conforman. En el presente documento se analiza el resultado de una encuesta aplicada, con el objetivo de identificar en forma específica la integración de los principales elementos de un programa interno de protección civil, así como su proceso de implantación en una muestra representativa de Tecnológicos Centralizados, Descentralizados y Centros de Investigación. Lo anterior analizado desde la perspectiva indispensable del acoplamiento de la cultura de la protección civil como un componente estratégico a fin de promover acciones que permitan incursionar a la comunidad del Tecnológico Nacional de México en la protección Civil y convertirlo en un sistema líder en la cultura de auto-protección y prevención a partir de la creación de ambientes seguros.

### Introducción

Actualmente, la Protección Civil en México, ha alcanzado avances significativos a nivel nacional, mediante la participación e involucramiento de las diferentes instancias gubernamentales como el Sistema Nacional de Protección Civil, enfocándose en la mayoría de los casos a la generación de estrategias y programas que incidan en un menor número de víctimas, ante los embates de los diferentes fenómenos perturbadores, considerando también los esfuerzos que se realizan al interior del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), donde actualmente se presenta una mayor vigilancia y seguimiento a los principales fenómenos naturales.

Sin embargo, es fundamental llevar esta temática a diferentes niveles organizacionales donde se desarrollan las personas, es decir; sus hogares, centros de trabajo e instituciones educativas, tomando en cuenta que las personas permanecen en ellos largos periodos de tiempo.

En este sentido, a partir de presente trabajo, se ha priorizado la posibilidad de brindar un soporte a las instituciones de Educación Superior, y específicamente en

el Tecnológico Nacional de México, el cual se conforma por más de 250 instituciones de nivel superior a lo largo de todo el país, considerando que en ellas se pueden procurar mejores condiciones de prevención y preparación ante los diversos fenómenos perturbadores y contingencias, a partir de una investigación que permita analizar el nivel de implantación de las principales medidas en temas de la protección civil, como lo son el desarrollo de un Programa Interno de Protección Civil, así como la validación del mismo por las autoridades pertinentes, la existencia de la unidad interna de protección civil y la capacitación de las brigadas que la integran, incluyendo un análisis sobre el nivel de equipamiento de las mismas para la solución de los distintos accidentes que pueden presentarse. Para posteriormente diseñar alternativas de soluciones con el objeto de generar una mayor cantidad de espacios seguros, y poder promover la cultura de la protección civil en los estudiantes de educación superior de dicho sistemas quienes en un momento posterior serán los multiplicadores de lo aprendido en el sector productivo una vez incorporados al mercado laboral.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

El desarrollo del presente trabajo se apegará a la normatividad vigente de los programas internos de protección civil, así como los autores vigentes en referencia a los contenidos y componentes del Programa Interno de Protección, los cuales se referencian a continuación:

Como se mencionó anteriormente existe una obligatoriedad definida en la Ley General de Protección Civil (Congreso, 2014), en los capítulos 8 y 78 que a la letra dicen:

Artículo 8. Los Poderes Legislativos y Judicial de la Unión, las entidades federativas, los municipios, las delegaciones, los organismos descentralizados, los organismos constitucionales autónomos y los sectores privado y social, así como la población en general, deberán coadyuvar para que las acciones de protección civil se realicen en forma coordinada y eficaz.

De los particulares: Artículo 78. Los particulares que por uso y destino concentren o reciban una influencia masiva de personas, están obligadas a contar con una mitad interna de protección civil y elaborar un programa interno, en los términos que establezca la Ley y su reglamento, sin perjuicio de lo señalado en los respectivos ordenamientos locales.

Como fundamento de la importancia de Programas Internos de Protección, se debe considerar los antecedentes históricos y presentes que nos obligan en un sentido de autoprotección a mantener vigente a las medidas de protección civil necesarias, para lo cual se tomara en cuenta el “Perfil del riesgo de desastres”, debido a su diversidad geográfica, México está expuesto a una amplia variedad de peligros geológicos e hidrometeorológicos, terremotos, volcanes, maremotos, huracanes, incendios destructivos, inundaciones, deslaves y sequías que pueden impactar al país. Entre 1970 y 2009, aproximadamente 60 millones de personas se vieron afectadas por desastres naturales en el país. México está clasificado como uno de los 30 países en el mundo más expuestos a tres o más tipos de peligros naturales (Gobierno, 2012).

Adicionalmente se tendrán que considerar los lineamientos para la implementación de programas internos de protección civil, emitido por el Sistema Nacional de Protección Civil en el año 2011 y el Reglamento de la Ley General de Protección Civil.

De la misma forma es necesario tomar en cuenta la reglamentación existente para identificar la normatividad vigente y fuentes de información oficiales como el de la Secretaría de Gobernación, en su sección de Programa Interno de Protección Civil. (Gobernacion, 8 de Noviembre de 2012).

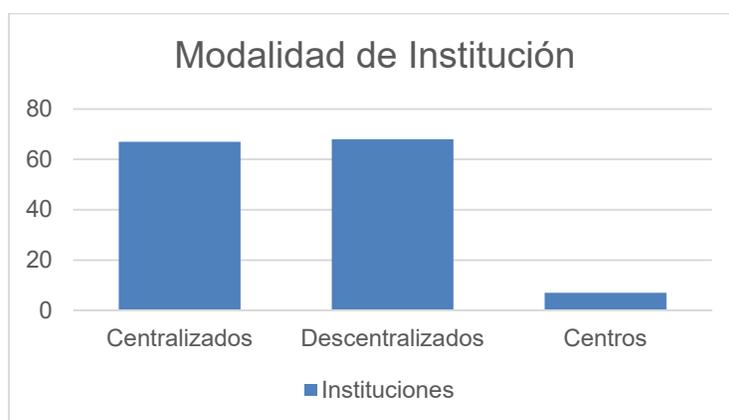
En el presente documento se exponen los resultados de la investigación desarrollada, la cual se basa en una muestra de los 253 Institutos Tecnológicos del México, incluyendo tanto Tecnológicos Centralizados como Descentralizados y Centros de Investigación, para ello se tomará un tamaño de la muestra de 157 tecnológicos (tomando en cuenta un 95% de nivel de confianza y un 5% de error), solicitando por oficio la colaboración en la investigación y enviando el cuestionario digital vía correo electrónico (con la ayuda de los docentes y alumnos que participan en el proyecto).

Para ello se ha diseñado cuestionario básico de 8 preguntas, junto con los datos generales de cada instituto y se aplicará un instrumento de recolección de datos, para la primera fase del proyecto.

## Resultados y Discusión

Los resultados del muestreo de los cuestionarios arrojan lo siguiente:

La encuesta fue aplicada en una muestra comprendida por 142 instituciones del Tecnológico Nacional de México, considerando la siguiente clasificación de participantes de acuerdo a su modalidad (gráfica 1).



*Gráfica 1 Modalidad de Instituciones*

En el proceso de aplicación de la encuesta (gráfica 1), se aprecia como la muestra representativa es suficiente, siendo incluyente de las distintas clasificaciones de instituciones que conforman el Tecnológico Nacional de México, distribuyendo en forma equitativa el tamaño de la muestra acorde a cada tipo.

Primeramente se investigó sobre la existencia de un Programa Interno de Protección Civil en la Institución, como resultado se encontró que, de un total de 142 instituciones encuestadas, 121 de ellas cuentan con un Programa de Protección Civil, aun cuando es mucho mayor la respuesta positiva, esta información no puede ser concluyente derivado de que este porcentaje no especifica el nivel de cumplimiento o implantación, así como la vigencia y alineación del mismo a la normatividad vigente (Gráfica 2).



**Gráfica 2** Existencia de un Programa Interno de Protección Civil

Procurado una mayor información del nivel de alineación del Programa Interno de Protección Civil (PIPC) a la normatividad aplicable para la aprobación del mismo, que implica validación del Programa por la autoridad municipal de Protección Civil, se obtuvo lo siguiente:

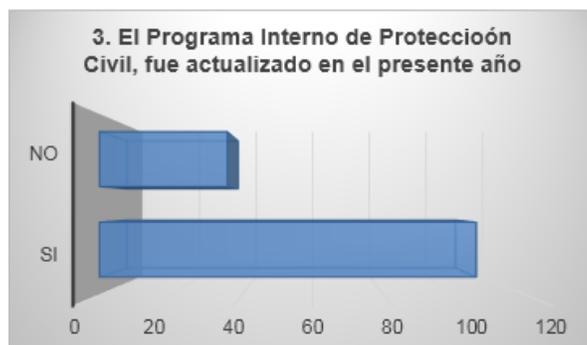
Del 85% de las Instituciones que cuentan con un Programa Interno de Protección Civil, solo un 76% equivalente a 108 instituciones con la validación por parte de la autoridad local de protección civil como lo puede observarse en la Gráfica 3.



**Gráfica 3.** Validación del programa Interno de Protección Civil por Protección Civil Municipal.

Sin embargo, de acuerdo a los resultados de la pregunta 3, donde se realiza el análisis de la actualización anual del Programa Interno de Protección Civil, conforme lo señala el Reglamento de la Ley General de Protección civil, de acuerdo a la Grafica 4, 36 de las instituciones no cuentan con la actualización anual de su Programa Interno de Protección Civil, inclusive dos de las instituciones que cuentan con un PIPC, no han realizado la actualización en el último año, es importante resaltar que la gran mayoría ha procurado efectuar dicha actualización anual del

PIPC en caso de que exista, para procurar la cultura de Protección Civil y la ratificación de espacios seguros.



**Gráfica 4.** Actualización del Programa Interno de Protección Civil.

Continuando con el análisis de implantación de la protección civil en el Tecnológico Nacional de México, se verificó en las instituciones la existencia de una Unidad Interna de Protección Civil (Brigada de primeros auxilios, combate de incendios, evacuación), considerando que es fundamental contar con miembros de la comunidad tecnológica, capaces de aplicar los procedimientos de emergencia definidos en el PIPC, como se observa en la Gráfica 5, 111 instituciones cuentan con la integración de las cuatro principales brigadas, que por norma deben existir en una dependencia o empresa, no obstante siendo analíticos resulta importante destacar que de las 121 instituciones que cuentan con un PIPC, existen 10 sin Unidad Interna de Protección Civil, lo cual impactaría en una nula posibilidad de resolver una situación de emergencia por falta de personal designado para su atención, lo cual redundaría en un esfuerzo vano por procurar un PIPC.

Siendo muy importante ratificar en este sentido que es necesario contar con la estructura organizacional definida, para la aplicación de los planes de emergencia definidos en el PIPC.



**Gráfica 5.** Existencia en los Tecnológicos de una Unidad Interna de Protección Civil.

Cabe destacar el resultado de la Pregunta 5, que se refiere a la existencia en los Tecnológicos de la señalización correspondiente a: rutas de evacuación, ubicación extintores, puntos de reunión, croquis de las instalaciones. dado que la gran mayoría de Instituciones cuenta con la señalética requerida (un 94%), lo cual implica que

aun cuando en algunos casos no cuentan con un PIPC o una Unidad Interna definida en la organización, si se han procurado las medidas de seguridad referentes a la señalética básica en materia de Protección Civil (gráfica 6).



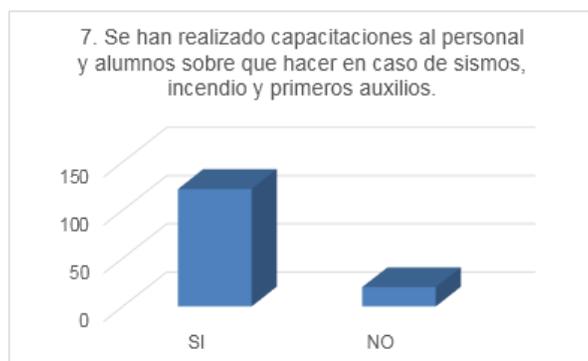
**Gráfica 6.** Existencia de la señalización correspondiente a: rutas de evacuación, ubicación extintores, puntos de reunión, croquis de las instalaciones

De igual forma una de las preguntas que tuvieron una mayor respuesta favorable en materia de Protección Civil, comprende el desarrollo de simulacros al interior de la Institución, los resultados se observan en la Gráfica 7, donde un 92% de las instituciones que corresponde a 130 de las 142 instituciones entrevistadas reportan buenas prácticas en este tema.



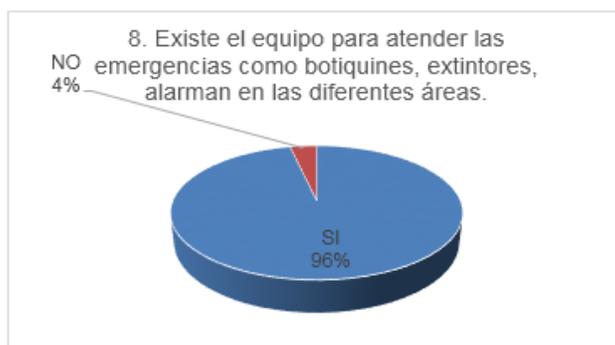
**Gráfica 7.** Estadística de realización de simulacros de sismos e incendio en los Tecnológicos

Resultado de la pregunta 7, Se han realizado capacitaciones al personal y alumnos sobre qué hacer en caso de sismos, incendio y primeros auxilios. Como se puede apreciar en la Gráfica 8 encontramos que tan solo en un 85% de los Tecnológicos se ha impartido la capacitación necesaria a los miembros de la UIPC, siendo fundamental contar con personal capacitado acorde a sus funciones dentro de las brigadas a fin de procurar la atención correcta y oportuna de las emergencias.



**Gráfica 8.** Capacitación al personal y alumnos sobre que hacer en caso de sismos, incendio y primeros auxilios

Finalmente, se cuestionó sobre la existencia el equipo para atender las emergencias como botiquines, extintores, alarman en las diferentes áreas, donde tan solo un 4% de los 142 institutos carecen de equipamiento (gráfica 9).



**Gráfica 9.** Existencia de equipo para atención de emergencias.

## Conclusiones

Derivado de los resultados obtenidos, se detecta la necesidad de fortalecer los distintos elementos que integran un PIPC, siendo necesario considerar su implantación en forma integral, desde la documentación hasta la estructura orgánica y la capacitación y equipamiento de cada Centro.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo al Instituto Tecnológico de Iguala para la realización de este proyecto, así como a los Tecnológicos que colaboraron en la respuesta del cuestionario.

## Referencias

1. Briones, C. F. (2012). Perspectivas de investigación y acción frente al cambio climático en Latinoamérica. Mérida, Venezuela: La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en Latinoamérica.
2. Civil, s. N. (2000). Guía Técnica para la Elaboración e instrumentación del Programa Interno de Protección Civil. México, D.F.: Secretaría de Gobernación.

3. Civil, S. N. (2011). Lineamientos para la Implementación de Programas Internos de Protección Civil. México, D.F.: Secretaría Gobernación.
4. Congreso, C. d. (2014). Ley General de Protección Civil. Distrito Federal: Secretaria General.

# LA ELIMINACIÓN DEL ARRAIGO PENAL EN EL ESTADO MEXICANO, UNA INNOVACIÓN ESTRATÉGICA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LOS DERECHOS HUMANOS

**A. Franco Mastache<sup>1</sup>, L.A. Reyes Barragán<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Zacatepec, [adolfofrancomastache@gmail.com](mailto:adolfofrancomastache@gmail.com), <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, [ladislao.reyes@uaem.mx](mailto:ladislao.reyes@uaem.mx)

**Área de participación:** *Innovación estratégica de las organizaciones (IGE)*

**Resumen:** La reforma constitucional del 2008 en el que se implementó el arraigo penal como una medida cautelar en contra de la delincuencia organizada es una antinomia jurídica pues resulta incompatible a la luz de los tratados internacionales en materia de derechos humanos. De esta manera es importante recalcar además de la eliminación del arraigo por cuanto a su incompatibilidad, el factor económico en cuanto al costo de su operatividad, de tal manera que se innovaría en el sentido de cambiar las políticas públicas para dar lugar a fortalecer las causas del problema y no los efectos, centrándose más en la solución y no en el problema.

## Introducción

El presente trabajo refiere sobre la necesidad que tiene el estado mexicano de innovar en materia de seguridad pública dentro de la estrategia contra el crimen organizado, esto ante políticas públicas en las que ha incorporado figuras como el arraigo penal, para ello y a manera de irnos introduciendo al tema es importante recordar que en el año 2007 el grupo parlamentario del Partido Acción Nacional, envió una iniciativa de ley federal, en la cual se contempló la implementación de figuras jurídicas “necesarias” para empezar una lucha contra la delincuencia organizada tales como: la elevación a rango constitucional del arraigo, la definición de delincuencia organizada (Carbonell, 2014) -tan amplia como imprecisa-, la violación del domicilio sin orden judicial, la celeridad procesal de órdenes de cateo, la intervención de comunicaciones de particulares mediante autorización judicial, la creación de centros de alta seguridad para la delincuencia organizada, la reducción del estándar probatorio para las órdenes de aprehensión, las medidas cautelares, la prisión preventiva oficiosa, etcétera.

Todos estos temas fueron vinculados con la seguridad pública, pues se estableció que uno de los problemas más graves en nuestro país eran los altos índices de violencia, injusticias e impunidad que afectaban a todos los estratos sociales y en ese tenor se debía contar con herramientas jurídicas como el arraigo penal para que de esa manera se pudiera combatir a la delincuencia organizada la cual ha sido cada vez más fuerte, agresiva, preparada, compleja y sofisticada, verbigracia las grandes organizaciones criminales relacionadas con el narcotráfico, situación que con posterioridad, ha ocasionado una serie de ejecuciones sin precedentes.

Fue de esta manera como en el gobierno del entonces presidente de México, Felipe Calderón Hinojosa, en el año 2008 se reformó la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y se incluyó la figura del arraigo penal en la que de acuerdo con diversos autores, tratadistas, doctrinarios, organizaciones civiles, no gubernamentales, nacionales e internacionales la han considerado regresiva en

materia de derechos fundamentales. Con lo cual todo ello da cabida a establecer, analizar, reflexionar y proponer diversas medidas para que el estado mexicano innove en sus estrategias jurídicas contra los problemas que vaya presentando día a día, a la luz del respeto a los derechos humanos como lo son: el derecho a un debido proceso, el principio de presunción de inocencia, un recurso efectivo, la inmediata disposición ante un juez, etcétera y sobre todo ante la eminente globalización y los tratados internacionales en los que el estado mexicano ha suscrito y ratificado, formando parte y que son ley suprema.

## Fundamento teórico

Una de los sustentos teóricos en que se basa el presente tema es son los derechos humanos de los que el estado mexicano forma parte y que incluso les ha dado la debida relevancia mediante la reforma constitucional llevada a cabo en el año 2011, la cual es contraria a la reforma constitucional en materia penal de 2008, por lo que ambas son de llamarse la atención por sí mismas, pues analizadas de manera independiente resultan ser -bajo un comparativo- totalmente convergentes, es decir, bajo un contexto a la par se contraponen, pues por una parte existe la creación de un nuevo sistema penal elevando el rango a nivel constitucional al Arraigo y por otra parte tenemos una reforma constitucional en materia de Derechos Humanos con principios como el de: La Interpretación conforme, Pro persona, Convencionalidad, etc. en donde refuerzan el Principio de Presunción de Inocencia y el Principio de debido proceso. Para lo cual, se abren las puertas a una fuerte discusión entre la figura del Arraigo y los Derechos Humanos, esto a pesar de que en los regímenes democráticos, la Constitución expresa los anhelos políticos y sociales de la mayoría de la población.

Esta fuerte discusión radica en que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 16, octavo párrafo que:

*“El arraigo procederá tratándose de delitos de Delincuencia Organizada por el plazo de 40 días, el cual podrá ser prorrogable por otros 40 días, resultando un lapso máximo de 80 días, mismo que no podrá excederse. Es muy importante aclarar que la justificación de dicho plazo es “siempre que sea necesario para el éxito de la investigación, la protección de las personas o bienes jurídicos, o cuando exista el riesgo fundado de que el inculpado se sustraiga a la acción de la justicia.”*

Lo anterior significa en otras palabras que primero se priva de la libertad y después se investiga, y esto representa una violación a los Derechos Humanos y a los tratados internacionales de la materia.

Otro de los fundamentos teóricos tocantes a la reforma penal en el que se considera al arraigo es el denominado derecho penal del enemigo, mismo que según su autor Gunther Jakobs intenta describir una realidad pre-existente y no establecerla como una política criminal (Polaino-Orts, 2006), pues este derecho no surge como una propuesta sino como una descripción, ya que es obvio que no se puede proponer lo ya realizado por muchos Estados (Jakobs, 2008). Una característica esencial de esta teoría empieza por la etiqueta o categorización de sujetos: una para los ciudadanos y otra para los enemigos, estos últimos considerados como no

personas, los cuales deben ser considerados como fuente de peligro pues se le debe combatir previamente por su peligrosidad. Esto tal y como lo refiere el autor (Jakobs, 2003):

*“El derecho penal conoce dos polos o tendencias de sus regulaciones. Por un lado, el trato del ciudadano en el que se espera hasta que éste exteriorice su hecho para reaccionar con el fin de confirmar la estructura normativa de la sociedad, y por otro, el trato del enemigo, que es interpretado muy pronto en el estado previo y al que se le combate por su peligrosidad.”*

Así pues, intentar eliminar la calidad de persona a un ser humano para no ser tratado como tal y de esta manera combatir al delito en forma preventiva por la peligrosidad del sujeto va en contra de los tratados internacionales de los derechos humanos y de la dignidad de las personas (Declaración Universal de los Derechos Humanos). Ahora bien, en esta globalización económica el objetivo sería establecer o identificar bajo esta teoría quiénes podrían ser considerados ciudadanos y cuáles son los excluidos, discriminados o globalizados, en este sentido los globalizados son los que realmente sufren las consecuencias de la globalización económica y quienes pagan el precio de la desigualdad (Stiglitz, 2012).

Considerando que la globalización prioriza los aspectos económicos y materiales sobre otros valores (Stiglitz, 2012) -incluso como la salud, la libertad o la vida- los excluidos, globalizados o enemigos son los que atenta contra la globalización, siendo improductivos y por tanto marginados llámese indigentes, inmigrantes, drogadictos, exconvictos, jóvenes que no estudian, ni trabajan, etc. Y que son presa fácil de la delincuencia organizada.

El derecho penal del enemigo, va dirigido a través de leyes excepcionales por el comportamiento que implica el poner en riesgo la estabilidad social, por lo que se auxilia en sanciones desproporcionadas por el tipo de sujetos con un alto contenido de peligrosidad y la gravedad de sus crímenes, por lo cual deben ser contenidos, incluso desde antes de que se realicen (Uroza, 2011). Es por ello que el derecho penal del enemigo hace un adelantamiento en su intervención a estados previos a la puesta en peligro o lesión del bien jurídico (Sánchez, 2009). De esa manera evita acciones criminales, que pueden ser desde reuniones, acuerdos, o simples actos de preparación, todo ello establecidas como conductas que llevan implícito un peligro para la sociedad. El derecho penal del enemigo se caracteriza por el adelantamiento de las barreras punitivas, el aumento de las punibilidades y la supresión de derechos procesales en contra del sujeto considerado enemigo.

El derecho penal del ciudadano establece delitos que se llevan a cabo de forma espontánea, bajo el concepto de simples ciudadanos que caben en la ilicitud habitual en sus relaciones sociales. Por su parte el derecho penal del enemigo establece delitos de alto impacto o de alta peligrosidad y con su forma habitual, constante, con su actitud criminal, estilo de vida, y organización delictiva han hecho de la ilicitud cotidiana, en forma permanente que pone en peligro bienes jurídicos de alto contenido o valor jurídico.

Esto va acorde a las legislaciones penales en el sentido de que el derecho penal del ciudadano es tratado mediante un garantismo sustancial y procesal, en el que se llega a desmitificar figuras penales y a crear una justicia restaurativa centrada en

la víctima; en tanto que el derecho penal del enemigo -por el lado contrario- cuenta con una supresión sustancial y procede mental de derechos fundamentales establecidos bajo un régimen de excepción. En este orden de ideas podemos establecer que los delitos ordinarios tienen que ver con una cuestión de seguridad pública, en cambio el derecho penal del enemigo plantea problemas que ponen en peligro la permanencia misma del Estado (Fondevila, 2010).

### **Resultados y discusión**

Resulta grave que desde diversos escenarios internacionales se califique a nuestro sistema jurídico penal principalmente como inquisitorial, sobre todo desde que empieza el procedimiento penal en su fase o etapa de investigación (Sánchez, 2007). El problema no es tan sólo que sea calificado de esta manera, el problema es que hoy en día a pesar de los grandes esfuerzos por cambiar a un sistema jurídico acusatorio oral, todavía se cuenta con ciertos rasgos que lo hace inquisitorial como lo es la figura del arraigo.

De acuerdo a diversas organizaciones en el que destaca el Grupo de Trabajo sobre Detenciones Arbitrarias y en un análisis del arraigo, se advierte que éste es generador de inminentes y graves violaciones a los derechos humanos (Amnistía Internacional, 2014), tales como:

- La tortura (Instituto para la Seguridad y la Democracia, 2014). La cual se ha convertido ya en un instrumento de gobierno.
- El arraigo representa un cheque al portador para las autoridades investigadoras para cometer diversas arbitrariedades (Comisión Mexicana de Defensa y Promoción de los Derechos Humanos, 2012) tales como: extorsiones, amenazas, corrupción, entre otros ilícitos, dando lugar a la impunidad, pues por una parte no se investigan los hechos presuntamente delictuosos y por otra parte, a los que se investigan se les llega incluso a solicitar un rescate a las familias para dejar libre a las personas detenidas.
- El motivo por el cual se hacen muchas detenciones son en base a revisiones de rutina y vigilancia, denuncias anónimas, actitudes sospechosas o porque simplemente la persona que se le detuvo por que se encontraba evidentemente nerviosa. La pregunta aquí es, ¿quién no se va a poner nervioso ante las ya conocidas técnicas de investigación (Human Rights Watch, 2014) y el trato de los cuerpos policiacos o militares pertenecientes al Estado mexicano? La respuesta es obvia, tal parece que las violaciones a los derechos humanos empiezan a ser tan comunes como las revisiones de rutina y vigilancia (Comisión Nacional de Derechos Humanos, 2001).
- Malos tratos, desapariciones forzadas (Steinberg, 2013) e incluso la muerte (INEGI, 2013).
- Se ha llegado a utilizar al arraigo como una herramienta entre rivales de política y contra la protesta social (Córtez, 2014).

Una situación que sin duda alguna agrava muchas de estas situaciones es el régimen de excepción para la delincuencia organizada en la que además de la figura del arraigo, se encuentran otras figuras como la prisión preventiva oficiosa, el involucramiento de las fuerzas armadas sin control civil alguno (Instituto para la Seguridad y la Democracia, 2014).

Además de todo ello también lo es que el arraigo penal:

- Viola el principio del debido proceso por cuanto a la falta de información y notificación de los cargos, esto en virtud de que encuentra sujeto a una investigación y que por el momento no se cuenta con los elementos suficientes y necesarios para poder ejercitar una acción legal penal en su contra y que por lo tanto tendrá que esperar un periodo de tiempo consistente en 40 días, mismos que puede ser prorrogables por otros 40 días para poder ser investigado y de esa forma reúnen los elementos suficientes para que se le pueda dictar una medida precautoria consistente en la prisión preventiva. En otras palabras, el arraigo es una detención para investigar y lo lógico es investigar para detener. Por lo que apenas se va a investigar y no se le ha generado la suficiente información para poder defenderse.

- Otro de los aspectos en el que considero que el arraigo viola el principio del debido proceso es ante la falta inmediata de disposición ante un juez. La figura del arraigo penal es incompatible por cuanto a lo que establece la Convención Americana de Derechos Humanos en su: *“Artículo 7.5 toda persona detenida o retenida debe ser llevada, sin demora, ante un juez u otro funcionario autorizado por la ley para ejercer funciones judiciales y tendrá derecho a ser juzgada dentro de un plazo razonable o a ser puesta en libertad, sin perjuicio de que continúe el proceso. Su libertad podrá ser condicionada a garantías que aseguren su comparecencia en el juicio.”* Con la figura del arraigo se viola flagrante y evidentemente la Convención Americana de Derechos Humanos en razón de que el objeto de ejecutar una orden de arraigo no es poner a disposición de un juez al detenido a efecto de ser juzgado, sino todo lo contrario, es detener a una persona sin poner a disposición del juez. En el arraigo, al detenido se le pone a disposición jurídicamente del Ministerio Público y materialmente a disposición de los agentes investigadores.

- La figura del arraigo penal viola el principio de presunción de inocencia en virtud de que el arraigado es tratado como culpable, esto no tan solo por las autoridades sino también incluso por los medios de comunicación. Tomando como base que los hombres son buenos por naturaleza (Rousseau, 2000), las personas sujetas a un proceso penal deben ser tratadas como inocentes hasta en tanto el órgano acusador no acredite lo contrario y se obtenga una sentencia firme.

- Es menester establecer la reflexión que hace el Dr. Edgar Carmona en el sentido de que la legitimidad de la ponderación (Carmona, E.; Orihuela, B; 2015) de los derechos humanos versus arraigo penal depende de su racionalidad y sobre todo del valor axiológico el que debe de dominar, pues en el caso que nos ocupa al momento de referirnos al arraigo penal es indudable que lo derechos humanos son más ponderables, racionales y en mayor medida con mayor valor axiológico que los hacer legitimarse en cuanto a la tutela de los derechos como lo es la libertad personal, principio del debido proceso y la presunción de inocencia.

El costo del arraigo penal. El propósito de estas líneas es establecer solo el aspecto económico que ha implicado esta figura para darse idea sutilmente del costo el arraigo en el que destaca la manutención y custodia de los arraigados, haciendo un comparativo con los internos que se encuentran en centros penitenciarios locales y federales. Lo que se gasta por los internos de las 21 cárceles federales en nuestro país, es aproximadamente de \$1,703, 209,173.49 pesos, lo cual si dividimos entre

los 365 días del año da un total de \$4,666,326.50 pesos diarios o lo que es lo mismo en \$205.28 pesos por interno al día. Para un arraigado el costo por día ha significado mil pesos al día. Este rubro es excesivo si consideramos que además de la alimentación también se cubren gastos como lo son uniformes, medicina, agua potable, personal de custodia, luz, teléfono, personal administrativo, papelería, gasolina, transporte, etc. Por si fuera poco, estos datos no incluyen otros 26,000 reos que se encuentran ubicados en cárceles locales, los cuales dichos costos los cubre, por supuesto, cada una de las localidades.

De acuerdo a las cifras establecidas en el *Informe sobre la prisión preventiva de las Américas* rendido por la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, en 2013 se reveló que en México existen 242,000 internos en los 419 centros penitenciarios, en los que el 40% (aproximadamente unas 100,000 internos) están esperando sentencia, lo que causa un grave hacinamiento (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, 2013). En los últimos 5 años, más de mil internos se han fugado de las cárceles de México, incluso desde cárceles consideradas como de máxima seguridad en los que se encuentran los delincuentes más peligrosos hasta internos que se encontraban siendo procesados por delitos menores en cárceles locales.

Aunado a ello hay que añadir un dato más, en los últimos 5 años también han perdido la vida más de 600 internos, estos por causas violentas. En el año 2018 se estima que la población es de aproximadamente 250,000 internos sumando las cárceles federales y locales, lo cual significa que la población carcelaria en los últimos años ha ido en aumento, lo cual significa un gasto enorme para el estado mexicano.

## **Conclusiones**

No es posible que las políticas criminales estén más enfocadas hacia la represión que hacia la prevención, esto pues la prevención es más efectiva que la pena (Roxin, 2002). El gobierno mexicano tanto federal como el de las entidades federativas tiene a la inversa los apoyos presupuestales tomando como base el tipo del fuero y el número de población carcelaria.

Definitivamente que el Estado mexicano tendrá que buscar nuevas alternativas de solución a los problemas que le aquejan en materia de seguridad pública, en el que no debe de contemplar el crear figuras jurídicas como el arraigo penal, mucho menos constitucionalizarlas. El Estado mexicano debe empezar por comprender que privar de la libertad a una persona para investigarla no es un medio adecuado para luchar contra la criminalidad, pues se le violan diversos derechos humanos.

El estado mexicano debe de aceptar de una u otra manera que ha equivocado sus políticas en lugar de justificar los errores y los horrores que ha creado con la figura del arraigo penal. Estoy convencido que la solución a los problemas empieza por crear conciencia y reconocer antes que nada que se están generando consecuencias negativas no tan solo nacional sino internacionalmente.

Con la globalización, el estado mexicano tiene ante sí un gran compromiso interno e internacional que llevar a cabo, es hora de enmendar el error sino quiere que mientras más pase el tiempo, la situación se vuelva más crítica y tenga que hacer un doble esfuerzo. Confío que a través de la ciencia jurídica podamos desde la academia optar por aportar y construir las ideas para enriquecer a través de

propuestas una solución a tan grave problema. Sin duda alguna la figura del arraigo penal además de ser violatoria a los derechos humanos también lo es que sale bastante onerosa, por lo que en lugar de que se establezcan políticas públicas en el ámbito federal en donde se gastan millones y millones de pesos sin que hasta la fecha se vea un verdadero resultado a favor es necesario hacer un cambio de paradigma al respecto.

Una conclusión total aparte de la eliminación del arraigo penal de nuestra constitución y de cualquier ordenamiento jurídico en el estado mexicano, lo es también el reforzar el ámbito educativo, cultural, laboral, productivo, del campo, entre otros sectores económicos y competitivos, esto es, que la inseguridad y la delincuencia se combate mediante dos factores fundamentales: Educación y trabajo. Luego entonces, estos rubros deben de ser los ejes centrales en los que el estado debe centrar sus esfuerzos, de esta manera no vamos a estar hablando de cárceles creadas, sino de universidades, no vamos a referirnos a las casi 350 cárceles en todo el país, sino de las casi 350 planteles educativos a nivel superior, no vamos a hablar de custodios sino de profesores, ni de internos, sino de estudiantes, ni se hablaría de muertos o ejecutados sino de egresados o profesionistas. Y en lugar de gastar más de 200 pesos diarios por interno, serían 200 pesos diarios de beca a cada estudiante!

### **Agradecimientos**

Es importante agradecer al Departamento de Ciencias Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Zacatepec, en especial a la M.M. Julie Villegas Barrera, jefa de dicho departamento, por compartir su apoyo, ideas y experiencia requerida para la realización de este proyecto.

### **Referencias**

1. Carbonell, Miguel, *Los juicios orales en México*, Editorial Porrúa, México, 2014
2. Carmona, Edgar; Orihuela, Barbara; Gómez, Waldina; *Análisis lingüístico hermenéutico iuspolítico en la globalización*. Revista Jurídica Derecho. Bolivia. 2015
3. Comisión Interamericana de Derechos Humanos, *Informe sobre la prisión preventiva de las Américas*, 2013, España, 2013.
4. Córtez, Edgar, *Protestar es un derecho, Reprimir es un delito*, Análisis Plural, ITESO, México, 2014.
5. Declaración Universal de los Derechos Humanos. 1948.
6. *El arraigo hecho en México: Violación a los derechos humanos, Informe ante el Comité contra la Tortura con motivo de la revisión del 5to y 6to informes periódicos de México*, Comisión Mexicana de Defensa y Promoción de los DD. HH., AC, México, 2012.
7. Fondevila, Gustavo, Mejía Vargas, Alberto, *Reforma procesal penal: Sistema acusatorio y delincuencia organizada*, Revista Judicial, Revista Mexicana de Justicia, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, México, 2010.
8. *Fuera de control, Tortura y otros malos tratos en México*, Amnistía Internacional, México, 2014.
9. INEGI, Boletín de prensa 288/13.
10. Instituto para la Seguridad y la Democracia, A.C. *Informe sobre el estado del marco normativo y la práctica de la tortura en México*, México, 2014.
11. Instituto para la Seguridad y la Democracia, A.C, Comisión Mexicana de Defensa y Promoción de los Derechos Humanos, A, C, Comisión Ciudadana de Derechos Humanos

- del Noroeste, A.C, *Informe sobre el estado del marco normativo y la práctica de la tortura en México*, México, 2014.
12. Jakobs, Günther, Cancio Melia, Manuel, *Derecho Penal del Enemigo*, Thomson Civitas, España, 2003.
  13. Jakobs, Gunther, *El derecho penal del enemigo en el contexto del funcionalismo*, Flores Editor y Distribuidor, SA de CV, México, 2008.
  14. Paramo, Raúl, *Tortura como antípoda de la compasión*, Crítica Jurídica, Revista Latinoamericana de Política, Filosofía y Derecho, número 34, México, 2012.
  15. Polaino-Orts, Miguel, *Derecho Penal del Enemigo, desmitificación de un concepto*, Editorial Mediterráneo, España, 2006.
  16. Recomendación General número 2 sobre la práctica de las detenciones arbitrarias, Comisión Nacional de Derechos Humanos, México, 2001.
  17. Resumen Informativo, Human Rights Watch, México, 2014,
  18. Rousseau, Juan Jacobo, *Emilio o de la Educación*, Editorial Elaeph, Argentina, 2000.
  19. Roxin, Claus y Díaz Aranda, Enrique, “*Problemas fundamentales...*”, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, 2002.
  20. Sánchez González, Alejandro, Luhmann, Jakobs y el Derecho Penal del Enemigo, Crítica Jurídica, Revista Latinoamericana de Política, Filosofía y de Derecho, número 28, México.
  21. Sánchez Matus, Fabián – Perlín, Jan, *El litigio estratégico en México: La aplicación de los derechos humanos en México a nivel práctico*, Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, 2007, México.
  22. Steinberg, Nick, *Vanish: The disappeared of Mexico’s Drug War*, Human Rights Watch, U.S.A, 2013.
  23. Stiglitz, Joseph, *Cómo hacer que funcione la globalización*, Taurus, España, 2006.
  24. Stiglitz, Joseph, *El precio de la desigualdad*, Edit, Taurus Pensamiento, México, 2012.
  25. Uroza Ramírez, Gerardo Armando, *Algunas reflexiones en relación con el “Derecho Penal del Enemigo” dentro del contexto nacional*, Revista de la Facultad de Derecho de México, número 255, UNAM, México, 2011.

# NEGOCIO VERDE COMO EJE DE SUSTENTABILIDAD EN LA SOCIEDAD COOPERATIVA R.E.T.A. LA MEDIA LUNA, PARA REACTIVAR LA ECONOMÍA LOCAL

L. Tadeo-Gómez<sup>1</sup>, A. L. Torres-Jiménez<sup>2</sup>, R. Ortiz-Esteban<sup>3</sup>, A. K. Conde-Prieto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza – [luisgomez.lg651@gmail.com](mailto:luisgomez.lg651@gmail.com), Calle La Deportiva #06, esq. Francisco González Bocanegra, Cruz del Milagro, San Juan Evangelista, Ver. <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza – [lilitorres\\_75@hotmail.com](mailto:lilitorres_75@hotmail.com), <sup>3</sup> Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza – [ortizer@itsjc.edu.mx](mailto:ortizer@itsjc.edu.mx), <sup>4</sup> Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza – [akarinaconde@itsjc.edu.mx](mailto:akarinaconde@itsjc.edu.mx)

**Área de participación:** Innovación estratégica de las organizaciones (IGE)

**Resumen:** Una economía verde requiere de negocios sostenibles y estos negocios requieren de personas comprometidas con el ambiente y su comunidad. Una inspiración para esta economía, es la preocupación por la interdependencia entre las personas y los sistemas naturales y su impacto de las actividades económicas en su entorno, una forma de desarrollo centrada en la generación de beneficios sociales, económicos basada en el uso y respeto al medio ambiente y los sistemas naturales. Esta investigación se realizó en la Sociedad Cooperativa R.E.T.A. (Red de Eco Micro Empresas de Turismo Alternativo) La Media Luna, el cual consistió en diseñar una propuesta de negocio verde, a partir de los elementos, características y capacidades locales, identificadas con la finalidad de contribuir a la mejora económica y una mejor la calidad de vida. La metodología de la presente investigación es de carácter exploratorio, descriptivo con un tipo de muestreo por bola de nieve, esto debido al tamaño de la población de los prestadores de servicio de la localidad. En la proyección financiera de este proyecto se contemplaron cuatro actividades turísticas, como primera actividad se encuentra el ciclismo, la cual genera una ganancia al mes de \$6,503.90, la segunda actividad es el rappel con una ganancia al mes de \$8,903.90, la tercera actividad es el kayak con una ganancia de \$17,303.90 al mes, y la cuarta actividad es el camping con una ganancia de \$27,294.97. La derrama total económica, en el periodo establecido (2018) fue de \$60,006.67 por mes.

**Palabras clave:** Calidad de vida, Desarrollo local, Sustentabilidad, Economía verde.

## Introducción

La economía verde en un sentido general, es “*poder incluir a todas aquellas instituciones, entidades y organizaciones productivas preocupadas por el medio ambiente y su sustentabilidad*” (La Escuela de Organización Industrial , Citado por Contreras & Aguilar 2012) (6)

La economía verde es un agente de sustentabilidad y desarrollo para una comunidad. El Turismo Rural según (Romina, 2008) (7) se perfila como una alternativa económica de las comunidades rurales permitiendo revitalizar economías de pequeña escala, al actuar como actividad complementaria del ingreso familiar que, al mismo tiempo permite mantener las actividades tradicionales de la población rural y fortalecer la estructura del sistema productivo. El turismo rural puede significar para los socios de R.E.T.A. La Media Luna en conjunto con la localidad, la creación de nuevos puestos de trabajo, aumento de los ingresos y un nuevo impulso a la economía local. Sin embargo, los socios carecen de

emprendimiento necesario para aprovechar los recursos naturales disponibles, a través de diversas actividades turísticas que les generen un ingreso económico. En consecuencia, se obtendría una mejor calidad de vida. “El turismo rural aparece como una actividad económica complementaria a la agricultura, lo que permite al/la pequeño/a productor/a, unidad productiva, diversificar y ampliar su fuente de ingresos y, por lo tanto, disminuir su dependencia del monocultivo”. (Garduño, Guzmán, & Zizumbo, 2009) (2)

El turismo ofrece una alternativa económica sustentable y una posibilidad de generar ingresos sin destruir el medio ambiente.

De ahí, la realización de este estudio que intenta mostrar el impacto presente de la economía verde sobre el crecimiento económico y la generación de empleos.

## **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

### **Metodología**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque de investigación cualitativa, descriptiva que tuvo como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno. La investigación cualitativa menciona que “Además de la descripción y medición de las variables sociales, deben considerarse los significativos subjetivos y el entendimiento del contexto donde ocurre el fenómeno”. (Hernandez , 2010) (4) Se llevó a cabo en la sociedad cooperativa R.E.T.A. La Media Luna en relación con su mercado actual y potencial; así como, respecto a su competencia para lograr establecer estrategias. La investigación exploratoria permitió una aproximación eficaz hacia el objeto de estudio para conocer con detalles sus percepciones acerca del problema planteado en la investigación.

Los estudios descriptivos consistieron en especificar propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Miden o evalúan diferentes aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga. (Díaz, 2009, pág. 180) (1)

### **Lugar de trabajo**

El proyecto se ubica en la comunidad Veinticuatro de Febrero perteneciente al municipio de Jesús Carranza, Veracruz, este municipio se encuentra en los límites de Oaxaca. La región a la que pertenece de acuerdo con la división del gobierno del estado es la Región Olmeca. También pertenece a la región ambiental denominada El Valle del Uxpanapa.



Figura 2. Ubicación de R.E.T.A La Media Luna.

### Población y muestra

Para este proyecto se tiene en consideración a la población compuesta por los habitantes de la localidad 24 de Febrero, Veracruz, que cuenta con un total de 582 habitantes. (INEGI , Censo Poblacional 2010) (5)

### Muestreo aplicado

El muestreo de bola de nieve consiste en identificar y calificar un conjunto de encuestados Iniciales en perspectiva que a su vez pueden ayudar al investigador a identificar a personas adicionales para incluirlas en el estudio. A este método se le llama también muestreo de *recomendación*, ya que un encuestado recomienda a otros encuestados potenciales. (Hair, 2010) (3)

Se considera este tipo de muestreo debido a que se necesita entrevistar a los prestadores de servicios de la localidad, contando con un total de 23, los cuales se describen a continuación en la (Tabla 1).

Tabla 4. Total de número de establecimientos.

LOCALES	TOTAL
HOSTALES	2
COMEDORES	2
TIENDAS DE CONVENIENCIA	5
FARMACIAS	3
VIVEROS	2
CASSETAS	1
TELEFÓNICAS	2
CYBER	2
PASAJERAS	3
TAXIS	3
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Resultados y Discusión

En la proyección financiera de este proyecto se contemplaron cuatro actividades turísticas, como se puede observar en la (Tabla 2), con el objetivo de activar la economía para los pobladores de la R.E.T.A. La Media Luna, dejando fuera, por el momento, ciertas actividades que se podrían implementar en un futuro. Teniendo

en cuenta que la superficie total de la reserva es de un poco más de 300 hectáreas de reserva protegida. Se cuenta con recursos de gran importancia ecológica, que bajo un concepto de rescate podrían ser aprovechados mediante actividad turística y contribuir a su recuperación.

En la (tabla 2) se muestra la cantidad total para la adquisición del equipo necesario para desarrollar cada actividad.

*Tabla 2. Cuadro de inversiones por actividad.*

<b>COMPLEJO ECOTURÍSTICO R.E.T.A LA MEDIA LUNA</b>	
<b>INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO</b>	
<b>ACTIVIDADES</b>	
CICLISMO	\$ 38,000.00
RAPPEL	\$ 50,730.00
KAYAK	\$ 66,180.00
CAMPING	\$ 27,400.00
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>\$182,310.00</b>

Como primera 1.<sup>a</sup> Actividad se encuentra el ciclismo la cual genera una ganancia al mes de \$6,503.90. (Tabla 3)

*Tabla 3. Ingresos Y Gastos De Actividad De Ciclismo.*

<b>CICLISMO</b>	
<b>INGRESOS AL MES</b>	<b>\$ 12,000.00</b>
SALARIO	\$ 4,500.00
SEGURO SOCIAL	\$ 996.11
<b>TOTAL DE GASTOS</b>	<b>\$ 5,496.11</b>
<b>INGRESO NETO AL MES</b>	<b>\$ 6,503.90</b>

Anteriormente se había especificado que la ganancia durante el primer mes por esta actividad es de \$12,000.00 Mxn, cantidad a la cual se le reducirá la cantidad de \$5,496.11 Mxn ya que representa el total de gastos por salario y seguro social. Obteniendo así un ingreso neto al mes de \$6,503.90 Mxn. En seis meses se estaría recaudando la inversión inicial. (Tabla 2)

2.<sup>a</sup> Actividad se encuentra el rappel con una ganancia al mes de \$8,903.90 (Tabla 4)

*Tabla 4. Ingresos y gastos de actividad de Rappel.*

<b>RAPPEL</b>	
<b>INGRESOS AL MES</b>	<b>\$ 14,400.00</b>
SALARIO	\$ 4,500.00
SEGURO SOCIAL	\$ 996.11
<b>TOTAL DE GASTOS</b>	<b>\$ 5,496.11</b>
<b>INGRESO NETO AL MES</b>	<b>\$ 8,903.90</b>

La ganancia durante el primer mes es de \$14,400.00 Mxn, cantidad a la cual se le reducirá la cantidad de \$5,496.11 Mxn ya que representa el total de gastos por salario y seguro social. Obteniendo así un ingreso neto al mes de \$8,903.90 Mxn (Tabla 4). En seis meses se estaría recaudando la inversión inicial.

3.ª Actividad corresponde al kayak con una ganancia de \$17,303.90 al mes.

**Tabla 5. Ingresos y gastos de actividad de Kayak.**

<b>KAYAK</b>		
<b>INGRESOS AL MES</b>		<b>\$ 22,800.00</b>
SALARIO	\$ 4,500.00	
SEGURO SOCIAL	\$ 996.11	
<b>TOTAL DE GASTOS</b>		<b>\$ 5,496.11</b>
<b>INGRESO NETO AL MES</b>		<b>\$ 17,303.90</b>

La ganancia durante el primer mes de la actividad del kayak es de \$22,800.00 Mxn, cantidad a la cual se le reducirá el monto de \$5,496.11 Mxn, ya que representa el total de gastos por salario y seguro social. Obteniendo así un ingreso neto al mes de \$17,303.90 Mxn (Tabla 5). En seis meses se estaría recaudando la inversión inicial.

4.ª Actividad se encuentra el camping con una ganancia de \$27,294.97.

**Tabla 6. Ingresos y gastos de actividad de Camping.**

<b>CAMPING</b>		
<b>INGRESOS AL MES</b>		<b>\$ 31,800.00</b>
SALARIO	\$ 3,600.00	
SEGURO SOCIAL	\$ 905.03	
<b>TOTAL DE GASTOS</b>		<b>\$ 4,505.03</b>
<b>INGRESO NETO AL MES</b>		<b>\$ 27,294.97</b>

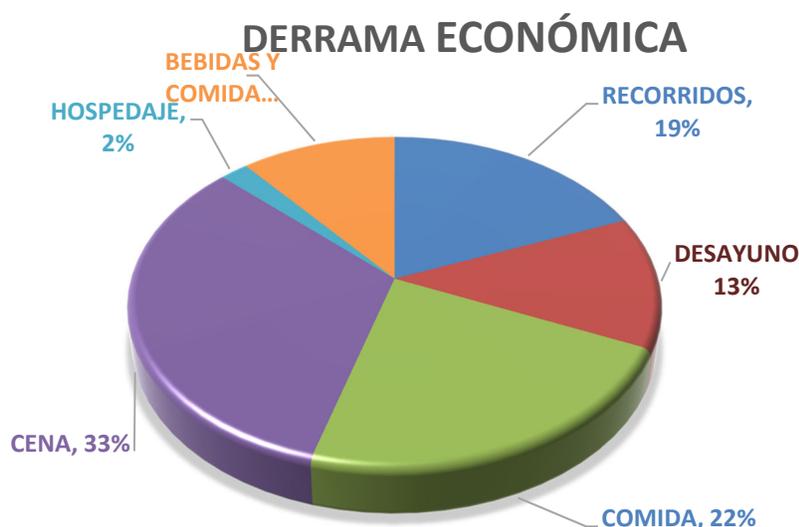
La ganancia durante el primer mes por la actividad de Camping es de \$31,800.00 Mxn, cantidad a la cual se le reducirá la cantidad de \$4,505.03 Mxn, ya que representa el total de gastos por salario y seguro social. Obteniendo así un ingreso neto al mes de \$27,294.97 Mxn (Tabla 6).

Durante el bimestre cuarto y quinto de 2018 la llegada de turista fue de un total de 23 personas de edades de 20 a 60 años en adelantes como se puede apreciar en la (Grafica 1). Esto debido a la promoción en las redes sociales. (Facebook, Instagram y YouTube) que fue parte de una de las estrategias que efectuó (Sulvaran, 2017) (8) en el estudio denominado "Marketing Online Para Posicionar El Centro Ecoturístico R.E.T.A La Media Luna De Jesús Carranza".



Gráfica 1. **Afluencia de turistas 2016-2018.**

Teniendo en consideración que durante los años anteriores no se obtuvo una afluencia favorable de turistas. La derrama económica de los bimestres antes mencionados fue de un total de \$ 6,155.00 Mxn. Lo que comprende bebidas y comida chatarra, recorridos, desayunos, comida y cena. (Gráfica 2)



Gráfica 2. **Derrama económica local.**

Con un 19% que corresponde a la actividad de recorridos por las principales cuevas con la que cuenta el Centro Ecoturístico se obtuvo un total de ingresos de \$ 1,170.00 Mxn.

En este resultado el 13% corresponde a lo que es el desayuno teniendo en cuenta de que algunos turistas llevaban su propio desayuno. Aun así, se recibió un total de ingresos de \$ 800,00 Mxn.

El siguiente porcentaje fue del 22% que pertenece a la comida, dentro de la cual se percibió un total de \$ 1,354.00 Mxn.

El 33% fue el resultado que se obtuvo por el concepto de cena, en el cual los turistas al terminar sus recorridos pasaban a disfrutar en los principales comedores de la comunidad. El total de ingresos que se recibió fue de \$ 2,031.00 Mxn.

Con un 2% que concierne al hospedaje se obtuvo un total de ingresos de \$ 123.00 Mxn. Esto debido a que los turistas por lo general solo iban de excursión por un solo día.

Por consiguiente, el 11% corresponde a lo que es bebidas y comida no nutricional. Lo que genera un total de ingresos de \$ 677.00 Mxn.

## **Conclusiones**

Se debe tener en consideración que el turismo comunitario es un factor muy importante para el impulso a la economía local en la localidad del 24 de Febrero, al igual que para la sociedad cooperativa R.E.T.A. La Media Luna. De igual manera también es de gran relevancia en el ámbito local, ya que aporta ingresos y empleo, además de servir como motor de desarrollo de otros sectores económicos, tales como agricultura, pesca, artesanía, y transporte. Por otra parte, se establecieron alianzas con hoteles de la región (Hotel Real Inn) y restaurantes; así como, convenios con el Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza y el H. Ayuntamiento de Jesús Carranza, con el fin de obtener mayores beneficios, no sólo económicos. Actualmente se gestiona el convenio con la Secretaría de turismo del Estado de Veracruz. La zona Olmeca en el estado de Veracruz posee mucho atractivo turístico, por ello los integrantes del Centro Ecoturístico R.E.T.A. La Media Luna deben considerar el gran beneficio del turismo comunitario para satisfacer las necesidades, carencias y deseos de mercado, por lo cual la sociedad cooperativa dedicará un esfuerzo mayor para obtener e incrementar los beneficios planteados para la captación de turistas. La contratación de personal debe realizarse a través de contratos de trabajo que tengan todas las prestaciones de ley, con el fin de proteger y apoyar el capital humano que brinda sus servicios. El turismo rural debe ser entendido como una actividad de desarrollo sustentable para la comunidad anfitriona, su ambiente natural y cultural. La sustentabilidad dependerá, entre otras cosas, del modo en que se manejen las actividades recreativas e infraestructura necesaria, y de la manera en que se inviertan los ingresos en conservación de los atractivos. El turista se moviliza inspirado por visitar áreas naturales, practicando un uso no extractivo de los recursos naturales y aceptando la naturaleza en sus propios términos.

## **Agradecimientos**

A la Sociedad Cooperativa R.E.T.A. La Media Luna por las facilidades brindadas para llevar a cabo este proyecto, por la información proporcionada y la excelente hospitalidad.

Al Instituto tecnológico Superior de Jesús Carranza por las facilidades otorgadas y por la confianza para realizar este estudio.

Al H. Ayuntamiento de Jesús Carranza por realizar los vínculos y manejarse en todo momento comprometido por la ejecución de esta investigación.

Al Hotel Real Inn de Nuevo Morelos, Ver., por tomarse el tiempo de valorar el turismo rural como una opción de crecimiento y expansión para su negocio y por el video promocional de la sociedad cooperativa.

## Referencias

1. Díaz, V. P. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística* (Segunda ed.). Santiago: RIL editores.
2. Garduño, M., Guzmán, C., & Zizumbo, L. (2009). Turismo Rural: Participación de las Comunidades y Programas Federales. *El Periplo Sustentable. Universidad Autónoma del Estado de México*, 11.
3. Hair, J. (2010). Investigación de mercado. México: Mc Grand Hill .
4. Hernandez , R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F: Mc Graw Hill.
5. INEGI. ( Censo Poblacional 2010).
6. La Escuela de Organización Industrial . (Citado por Contreras & Aguilar 2012). Desarrollo sostenible (semblanza histórica). *Revista del Centro de Investigación*, 10(37), 101-121.
7. Romina, A. (2008). *Tesis para la obtencion de Licenciatura en Turismo y hospitalidad bajo el tema de "Turismo Rural en el área de influencia de San Carlos de Bariloche"*. Argentina: Universidad Abierta Interamericana.
8. Sulvarán, L. A. (2017). *Marketing Online Para Posicionar El Centro Ecoturístico R.E.T.A La Media Luna De Jesús Carranza*. Jesus Carranza, Veracruz.

# ANÁLISIS DE LA RAREZA DE LOS RECURSOS Y CAPACIDADES EN PYMES DE TENOSIQUE, TABASCO

J. Chan-Hernandez<sup>1</sup>, S. Aguilar-Hernández<sup>1</sup>, J.L. Hernández-Juarez<sup>1</sup>, H.F. Platas-Rodríguez<sup>1</sup> y F. IV. Flores-Córdova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division Académica Multidisciplinaria de los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 1. Carretera Tenosique-Estapilla, Tenosique, Tabasco. [jesuschanhernandez@hotmail.com](mailto:jesuschanhernandez@hotmail.com), [sandra\\_aguila74@hotmail.com](mailto:sandra_aguila74@hotmail.com), [jjuarezrios@hotmail.com](mailto:jjuarezrios@hotmail.com), [jplate@hotmail.com](mailto:jplate@hotmail.com) y [faustocuarto@hotmail.com](mailto:faustocuarto@hotmail.com)

*Área de participación: Innovación estratégica de las organizaciones (IGE)*

**Resumen:** El sector privado es el fragmento de la sociedad más influyente en cuestiones tanto económicas como sociales por lo cual su interés en cómo se organizan y operan ha sido un tema de gran cobertura en investigaciones anteriores. Sin embargo, en cuestiones organizacionales la Rareza de sus recursos y capacidades es parte primordial de su existir. Lo anterior, influye en la competitividad como entes económicos activos por lo cual es necesario el reconocimiento de ajustar las estrategias y estructura organizacional interna de los recursos y capacidades que de acuerdo a su uso pueden ser considerados raros para otras organizaciones. El presente estudio tuvo como objetivo analizar e identificar los elementos que promueven la rareza de los recursos y capacidades en PyMes de la Cabecera municipal de Tenosique, Tabasco. Fue un estudio de tipo cuantitativo descriptivo. Se realizó un censo a 13 PyMes del corredor céntrico de la ciudad de Tenosique, Tabasco, siendo por ello un estudio no paramétrico. Los resultados obtenidos demuestran que para las PyMes los elementos que integran a los recursos y capacidades son raros debido a que la proporción de los datos fueron similares en todos los casos.

## Introducción

A lo largo de la historia de la administración han surgido teorías que explican el funcionamiento de las organizaciones como un todo y su impacto en las economías nacionales lo que ha generado cambios significativos en la conducta de la sociedad. Este estudio es un acercamiento a lo raro que pueden ser los recursos y capacidades en las organizaciones además del impacto en la ventaja competitiva de las empresas. En caso particular, las PyMes han sido sujetos a diversos estudios sobre sus operaciones y forma de manejo de sus recursos, por lo que el análisis de la rareza de los mismos contribuye a una diferenciación de las empresas exitosas de las que no lo son. La teoría de los recursos y capacidades estudia el ámbito interno de las organizaciones y el control que tienen sobre sus elementos e impacto en el desarrollo de las ventajas competitivas y, de esta manera las PyMes deberán ser sustentables en relación a los recursos que ésta genere y a la capacidad de respuesta que proporcione en cada uno de sus escenarios.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico

Se ha encontrado que el 50% de las PyMes quiebran durante el primer año de actividad y no menos del 90 % antes de cumplir los cinco años (Salas, *et al.*, 2012, INEGI, 2015; Rodríguez y Vargas, 2017). En su mayoría, cuentan con una estructura familiar, preparación empírica de sus propietarios lo cual dificulta el acceso a nuevos conocimientos en el área administrativa además de existir una centralización de las decisiones. Lo anterior, influye en la competitividad como entes

económicos activos por lo cual es necesario que estas empresas reconozcan la necesidad de adecuar sus estrategias y su estructura organizacional además de la gestión interna de los recursos y capacidades con los que cuenta (Aragón y Rubio, 2005; Estrada, *et al.*, 2009). Es de esta manera, que la teoría de los recursos y capacidades estudia el ámbito interno de las organizaciones y el control que tienen sobre sus elementos e impacto en su desarrollo explicando cómo las empresas aprovechan estas características para construir estrategias acertadas que promuevan la ventaja competitiva y la diferenciación, entre otras Castillo y Pórtela, 2010; Grant, 1996; Álvarez, 2007; Wang, 2014; Beaugency, *et al.*, 2015; Jensen, Cobbs y Turner, 2016). Para una mejor apreciación del concepto Robert Grant (1996) menciona que los recursos son aquellos activos tangibles o intangibles específicos los cuales pueden ser los financieros, físicos, humanos, tecnológicos, organizacionales o incluso la propia imagen. Las capacidades son aquellas combinaciones simultáneas de varios recursos para llevar a cabo una determinada actividad, lo que también puede ser interpretado como aquella capacidad de coordinación única de los recursos que la organización explota para el máximo beneficio (Beaugency, *et al.*, 2015). Esta misma teoría reconoce la importancia de estas variables para la economía de la empresa debido a que son raros, difíciles de imitar entre la competencia (Ruivo, Oliveira y Neto, 2015) además de que son parte esencial para que la ventaja competitiva de las organizaciones logrando con ello una sostenibilidad a mediano y largo plazo (Grant, 1996) por lo cual se considera la necesidad de reforzar la existencia de técnicas que midan la rareza de los recursos y capacidades; El modelo VRIO (Valor, Rareza, Imitabilidad y Organización) contribuye a consolidar la ventaja competitiva a largo plazo (Castillo y Pórtela, 2010; Beaugency, *et al.*, 2015; Barney, 1991; Escandón y Hurtado, 2013). De esta forma, Beaugency, *et al.*, (2015) y Ruivo, *et al.*, (2015) coinciden al mencionar que:

- Los recursos y capacidades que ofrecen el mayor valor son los que dan acceso a un gran número de mercados y dan valor a su producto a los ojos del cliente. Permiten a la empresa explotar la oportunidad que ofrece el medio ambiente o para protegerse contra una amenaza (Valor).
- Los recursos y capacidades implementados en la empresa no los tiene otra organización (Rareza).
- Los recursos y capacidades de una organización son difíciles de imitar por la competencia (Imitabilidad).
- La empresa u organización debe ser capaz de explotar los recursos y capacidades, los cuales presuponen una organización eficiente de los procesos y de su estructura (Organización).

La adecuada gestión de los recursos y capacidades de las organizaciones contribuirá al desarrollo de estrategias que consoliden su mercado además de proporcionar la rigidez necesaria de la ventaja competitiva el cual es la tarjeta de presentación de la firma. Sin embargo, es necesario advertir que no todas las empresas hacen uso de del modelo VRIO y mucho menos aprovechar sus recursos y capacidades. El conocimiento es uno de los mecanismos necesarios para lograrlo por lo cual desaprovechar la experiencia e información de las personas que participan en la firma sería un error que perjudicaría el futuro y existencia de la misma.

## Método

La presente investigación tuvo como objetivo analizar e identificar los elementos que promueven la rareza de los recursos y capacidades en PyMes de la Cabecera municipal de Tenosique, Tabasco, con un enfoque cuantitativo y con un diseño transversal (Hernández, *et al.*, 2010), debido a que se suministraron los cuestionarios en determinado momento a los gerentes/propietarios. La población a estudiar fueron las pequeñas y medianas empresas de la zona centro de la cabecera municipal de Tenosique, Tabasco por lo cual se realizó un censo poblacional de las Pequeñas y Medianas Empresas que existen en determinada/determinado corredor comercial. Se suministró un cuestionario el cual fue diseñado y validado por Newbert (2008) el cual realiza un análisis del Rendimiento, Valor, Rareza y Ventaja competitiva por lo que en este estudio se utilizaron los ítemes de la variable de Rareza.

## Resultados y Discusión

Una vez concluido el proceso de levantamiento de datos se procedió a su análisis en el software IBM SPSS Statistic en su versión 23 obteniendo un alpha de cronbach de 0.91 de la variable. Este resultado se encuentra dentro de los límites de aceptación de acuerdo a lo mencionado por Celina y Campo (2005).

Posteriormente, se realizó el análisis correspondiente de la Rareza de los recursos y capacidades. Es necesario resaltar que el cuestionario indica un tratamiento especial para esta variable de estudio; es decir, se suman las respuestas de cada ítem de los recursos y capacidades dando como resultado cinco índices diferentes que reflejan la rareza de los recursos y capacidades en aspectos financieros, humanos, intelectual, organizativos y físicos. Por ejemplo, para determinar el nivel de rareza que la organización tiene para la capacidad de combinación y aprovechamiento de los recursos financieros se suman los ítems R1a + R2a + R3a. Por último para reflejar la rareza de la combinación de los recursos/capacidades se realizó un cálculo promedio con los cinco resultados obtenidos y con una escala de Likert se determinó el nivel correspondiente de aceptación de la rareza determinada (**Tabla 1**). De esta manera, se presentan a continuación cada uno de los resultados del análisis de la rareza de los recursos y capacidades.

**Tabla 1.-** Rango de aceptación en una escala de Likert

Nivel de Likert	Significado	Rango
1	Muy en desacuerdo	0-20
2	En desacuerdo	20-40
3	Indiferente	40-60
4	De acuerdo	60-80
5	Muy de acuerdo	80-100

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.-** Rareza de la capacidad de aprovechamiento de los recursos financieros

Puntaje	<i>R1a</i>	<i>R2a</i>	<i>R3a</i>	<i>Puntaje total</i>
Puntaje obtenido por ítem	61	53	57	171
Promedio por obtener	65	65	65	195
Porcentaje	171*100/195= 87.69%			

Fuente: Elaboración propia basado en resultados obtenidos

En base al cálculo realizado del total de respuesta sobre la rareza de la capacidad para aprovechamiento los recursos financieros este fue de 87.69%. De acuerdo con el rango de aceptación de likert el resultado se encuentra en un nivel 5 el cual significa que las PyMes encuestadas están Muy de acuerdo en que para ellas la capacidad que tienen para aprovechar sus recursos financieros son muy raros en comparación de las demás organizaciones.

**Tabla 3.-** Rareza de la capacidad de combinación de los recursos humanos

Puntaje	<i>R1b</i>	<i>R2b</i>	<i>R3b</i>	<i>Puntaje total</i>
Puntaje obtenido por ítem	57	54	56	167
Promedio por obtener	65	65	65	195
Porcentaje	167*100/195= 85.64%			

Fuente: Elaboración propia basado en resultados obtenidos

En la rareza de la combinación de los recursos humanos se obtuvo un resultado del 85.64% el cual se encuentra dentro del rango de aceptación de likert de Muy de acuerdo; las PyMes consideran en un 85.64% rara la capacidad en que combinan sus capacidades para aprovechar los recursos humanos por encima de las demás empresas.

**Tabla 4.-** Rareza de la capacidad de combinación de los recursos intelectuales

Puntaje	<i>R1c</i>	<i>R2c</i>	<i>R3c</i>	<i>Puntaje total</i>
Puntaje obtenido por ítem	56	53	54	163
Promedio por obtener	65	65	65	195
Porcentaje	163*100/195= 83.59%			

Fuente: Elaboración propia basado en resultados obtenidos

En lo referente a la rareza de la capacidad de combinación de los recursos intelectuales el 83.59% consideran que la combinación de los recursos intelectuales es raro en comparación con otras empresas de la localidad además de ser un factor que promueve la ventaja competitiva.

**Tabla 5.-** Rareza de la capacidad de combinación de los recursos organizativos

Puntaje	<i>R1d</i>	<i>R2d</i>	<i>R3d</i>	<i>Puntaje total</i>
Puntaje obtenido por ítem	59	55	56	170
Promedio por obtener	65	65	65	195
Porcentaje	170*100/195= 87.18%			

Fuente: Elaboración propia basado en resultados obtenidos

La Rareza de la combinación de los recursos organizativos fue del 87.18% el cual es interpretado en rango de aceptación de likert de Muy de acuerdo. Las pymes consideran que la capacidad de explotación de los recursos organizativos es rara en un 87.18% en comparación de las demás empresas con las que comparten mercado.

**Tabla 6.-** Rareza de la capacidad de combinación de recursos físicos

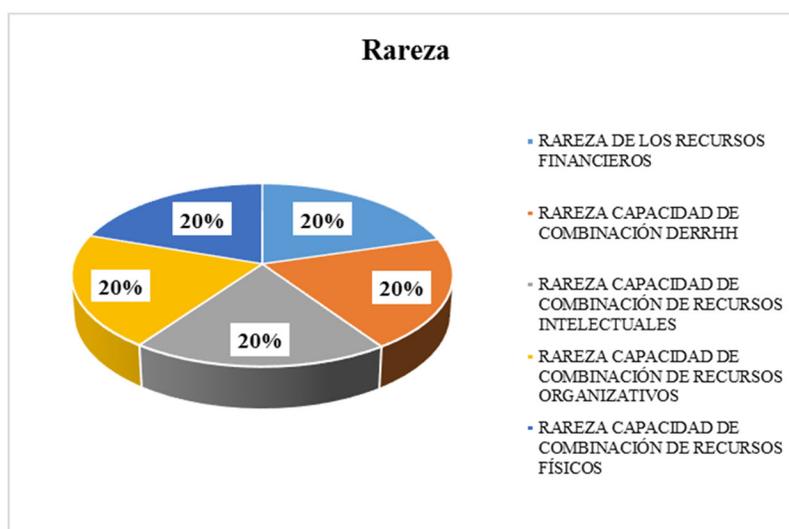
Puntaje	R1e	R2e	R3e	Puntaje total
Puntaje obtenido por ítem	56	55	53	165
Promedio por obtener	65	65	65	195
Porcentaje	$165 \cdot 100 / 195 = 84.62\%$			

Fuente: Elaboración propia basado en resultados obtenidos

En cuanto a la rareza de los recursos físicos y la capacidad de combinación que las PyMes le proporcionan, el puntaje obtenido fue de 84.62% el cual se encuentra dentro de un rango de aceptación de likert de Muy de acuerdo. Lo anterior da a entender que, la manera en que son explotados los recursos físicos de acuerdo a la capacidad que tienen las empresas está por arriba del 80% siendo una actividad rara por encima de las empresas con las que comparten mercado.

De esta maneras, los resultados obtenidos en su totalidad están por arriba del 80% de aceptación, es interesante debido a que las pymes consideran rara y única la forma en la que explotan cada uno de los recursos con los que cuentan tales como recursos financieros, humanos, intelectuales, organizativos y físicos siendo este aspecto una característica que a largo plazo puede generar ventaja competitiva y a la vez consolidar estrategias que generen para el crecimiento de la organización.

Para comprender más a fondo la manera en que la rareza de los recursos se encuentra distribuida en las PyMes se muestra la figura 1.



**Figura 1.-** Rareza de los recursos y capacidades

Fuente: Elaboración propia basado en resultados obtenidos

Se observa los resultados obtenidos del factor rareza en los recursos y capacidades observándose que todos tienen un distribución del 20% equitativa en cada uno de

los factores que se estudiaban. A grandes rasgos esto indica que para las pymes estudiadas la manera en que explotan la capacidad de los recursos es raro y único por ende, esta puede ser considerada también una ventaja competitiva a mediano y largo plazo.

## Conclusiones

El objetivo general de la investigación fue analizar e identificar los elementos que promueven la rareza de los recursos y capacidades en las PyMes de la Cabecera municipal de Tenosique, Tabasco. De esta forma, los recursos y capacidades han sido un factor clave para la generación de ventajas competitivas en las organizaciones además de estar siempre interrelacionados, siendo motivo de gran interés para su análisis (Acosta, *et al.*, 2013). Los factores que integran la rareza de los recursos financieros, capacidad de combinar los recursos humanos, Intelectuales, organizativos y físicos mostraron resultados similares destacándose para ello que todos los factores mencionados son Raros para las PyMes. Acorde a lo anterior, Sánchez y Herrera (2016) expresan que la propia heterogeneidad de las organizaciones le permite tener recursos que son valiosos, escasos y difíciles de imitar y siendo el recurso humano un caso especial el cual permite forjar la ventaja competitiva de la organización para dar respuesta al entorno dinámico y con ello generar innovaciones en las nuevas combinaciones y con ello lograr una ventaja competitiva sobre las demás empresas del lugar.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo otorgado a esta investigación, además de cada uno de los empresarios que dieron las facilidades para su participación en el estudio.

## Referencias

- 1 Acosta, J. C., Longo, M., & Fischer, A. L. (2013). Capacidades dinámicas y gestión del conocimiento en nuevas empresas de base tecnológica. *Cuadernos de Administración*, 26(47), 35-62.
- 2 Álvarez Suescun, A. (2007). Decisiones de «hacer o comprar» en el ámbito de los sistemas de información: una aproximación desde la teoría de recursos y capacidades. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa* (31), 223-248.
- 3 Aragón, A., & Rubio, A. (2005). Factores explicativos del éxito competitivo: el caso de las PyMes del estado de Veracruz. *Contaduría y Administración* (216), 35-69.
- 4 Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- 5 Beaugency, A., Erdem Sakinç, M., & Talbot, D. (2015). Outsourcing of strategic resources and capabilities: opposing choices in the capabilities: opposing choices in the. *Journal of Knowledge management*, 19(5), 912 - 931.
- 6 Castillo, I., & Pórtela, M. (2010). Tecnología y competitividad en la teoría de los recursos y capacidades. *Facultad de economía de la UNAM*, 32-42.
- 7 Celina, H., & Campo, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80634409>
- 8 Escandón, D. M., & Arias, A. (2011). Capacidades y recursos que influyen en las empresas femeninas. *Cuadernos de Administración*, 27(45), 31-44.

- 9 Estrada, R., García, D., & Sánchez, V. G. (2009). Factores determinantes del éxito competitivo en la Pyme: Estudio Empírico en México. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*(46), 169-182.
- 10 Grant, R. (1996). Toward a Knowledge based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17, 109-122.
- 11 Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2010). Metodología de la investigación. D.F: Mc Graw-Hill
- 12 Jensen, J., Cobbs, J., & Turner, B. (2016). Evaluating sponsorship through the lens of the resource-based view: The potential for sustained competitive advantage. *Business Horizons*, 59, 163-173. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2015.11.001>
- 13 NEGI. (18 de Febrero de 2015). Esperanza de vida de los negocios. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- 14 Newbert, S. L. (2008). Value, rareness, competitive advantage, and performance: a conceptual-level empirical investigation of the resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal* (29), 745–768.
- 15 Rodríguez, Á. D., & Vargas-Hernández, J. G. (2017). Plan de intervención organizacional para una Pyme de automatización: caso de Estudio Gisitca. *Revista de la Agrupación Joven Iberoamericana de Colombia*
- 16 Ruivo, P., Oliveira, T., & Neto, M. (2015). Using resource-based view theory to assess the value of ERP commercial-packages in SMEs. *Computers in Industry*, 73(15), 105–116.
- 17 Salas, J., Valles, E., Galván, A., & Cuevas, T. (2012). Competitividad para las micro, pequeñas y medianas empresas en México, mediante las incubadoras de negocios. *European Scientific Journal*, 8(25), 267-282.
- 18 Sánchez, S., & Herrera, M. (2016). Los recursos humanos bajo el enfoque de la teoría de los recursos y capacidades. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 24(2), 133-146. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90947653008>
- 19 Wang, H.-L. (2014). Theories for competitive advantage. *Being Practical with Theory: A Window into Business*, 33-43.

# DESARROLLO DEL PRIMER NIVEL DEL MODELO SCOR PARA EL CULTIVO DE NOPAL EN EL ESTADO DE MORELOS

**L. Amparan-Ocampo<sup>2</sup>, C. Barreto-Cabrera<sup>1</sup>, R.C. Cárdenas-Valdez<sup>1</sup>, H. Alonso-Jiménez<sup>1</sup> y O. Román-Rosales<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
ingclaudia\_barreto@itzacatepec.edu.mx, roberto.cv@itzacatepec.edu.mx,  
homero.aj@itzacatepec.edu.mx y oscar.rr@itzacatepec.edu.mx

<sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec,  
laura.ao@itzacatepec.edu.mx, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos,  
México.

**Área de participación:** Innovación estratégica de las organizaciones

**Resumen:** Este artículo presenta el desarrollo del primer nivel del modelo SCOR aplicado a la cadena de suministro del nopal cultivado en el estado de Morelos, específicamente en el municipio de Tlalnepantla, por ser quien ocupa el primer lugar de producción del nopal. Con base al modelo de referencia SCOR, se identifican y definen a los actores principales de la cadena de suministro del nopal, para posteriormente realizar la caracterización de sus procesos básicos (aprovisionamiento, producción y distribución) detallando su estructura y funcionamiento, lo que permite la identificación de los flujos de entradas y salidas para cada uno de ellos, así como la definición de métricas e indicadores clave para evaluar el desempeño para cada uno de sus eslabones. Los resultados que se obtuvieron para este primer nivel fue una diferenciación de productores que ayudó a minimizar el efecto de sus variantes y facilitar el manejo de la información. Se observó que la cadena de suministro está descentralizada, existen altos costos en los insumos requeridos para su proceso, las compras individuales se realizan al menudeo, los procesos no están estandarizados, carece en un 60% de formalidad en cuanto a la documentación necesaria para la distribución y entrega de producto.

## Introducción

Fortalecer la cadena de suministro del cultivo de nopal en el estado de Morelos es de vital importancia para garantizar la producción de la planta, evitar pérdidas de producto, optimizar los recursos empleados en sus procesos y permitir la sostenibilidad de la misma. El estado de Morelos se ha posicionado como el principal productor de nopal a nivel nacional con base a los datos registrados en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [1], de acuerdo a esta información el rendimiento promedio de la producción de nopal en el estado es de un 95.4% por hectárea y existe una pérdida del 4.6% que representa, en términos económicos, \$23,586,200.00 al año de producto que no fue vendido, lo que impacta de manera negativa a la sostenibilidad de la cadena.

Se utilizará el modelo de referencia SCOR en su primer nivel como una herramienta para representar, analizar, configurar y medir el desempeño de la cadena de suministro obteniendo como resultado información certera en relación a la cuantificación de dichas pérdidas.

Con base a la literatura consultada se ha encontrado la aplicación del modelo SCOR con excelentes resultados en diferentes organizaciones relacionadas con la agricultura.

En la investigación realizada por [2] sobre logística de distribución de productos perecederos, se identificaron estrategias que podrían implementar los campesinos para mejorar sus operaciones logísticas, utilizando el modelo de referencia (SCOR) en sus tres niveles, el modelo sirvió para la medición del rendimiento de las operaciones de la cadena.

En otra investigación realizada por [3] la aplicación del modelo SCOR en sus tres niveles permitió definir y evaluar los procesos básicos de la cadena, lo que ayudó a establecer un modelo matemático para representar el problema de asignación de producto entre productores, centros de distribución y comercializadores. Como resultado de este trabajo se fortaleció la cadena productiva, se incrementó la tasa de cumplimiento de órdenes y la capacidad de respuesta a los clientes.

El modelo SCOR ha sido evaluado con diferentes modelos destacando para cada uno de ellos características específicas y su aplicabilidad en diferentes contextos, observando que éste es el más adecuado por auxiliarse de indicadores de rendimiento, desempeño, toma de decisiones, competencia humana y sostenibilidad [4].

La actividad agrícola presenta una serie de características que la diferencian de una cadena de suministro clásica, se tienen que considerar varios factores, tales como el trabajo con productos perecederos con un tiempo de vida corto así mismo la mayoría de los cultivos trabajan por estacionalidad, por lo que existe una mayor variabilidad en cuanto a la calidad, la cantidad y los rendimientos de la producción, aumentando la complejidad de sus operaciones.

Como el modelo SCOR es el mejor para caracterizar y mejorar el rendimiento de la cadena de suministro, será el modelo que se utilice para identificar y determinar las propuestas de mejora que fortalezcan el proceso del cultivo de nopal en el estado de Morelos.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

El modelo SCOR es considerado como una herramienta de gestión estratégica que permite tener una visión global de toda la cadena de suministro; especifica procesos y elementos de procesos que intervienen en la satisfacción de la demanda de clientes en una cadena; establece, analiza y mide objetivos de rendimiento; determina oportunidades de mejora; permite identificar mejores prácticas y ayuda a priorizar proyectos de mejoramiento para garantizar el cumplimiento de la promesa de servicio a través de una red de distribución. Proporciona un marco único que une los procesos de negocios, los indicadores de gestión, las mejores prácticas y las tecnologías de una estructura unificada para apoyar la comunicación entre los socios de la cadena de suministro y mejorar la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro (GCS) y de las actividades de mejora de la cadena de suministro relacionadas. En la figura 1 se observan los aspectos básicos del modelo SCOR. En primer lugar, se observan los cuatro niveles que describen la forma en cómo debe desarrollarse el modelo; posteriormente se muestran los cinco procesos

básicos y el de apoyo; en cuanto a las categorías, cada proceso tiene una cantidad de categorías específicas que hacen referencia a la forma estandarizada de cómo se ejecutan las operaciones, SCOR maneja un total de 26 categorías. Por último, el modelo considera cinco atributos, cada uno de ellos contempla diferentes métricas con las que se puede evaluar el desempeño para cada uno de sus procesos [5].

## Aspectos básicos del modelo SCOR

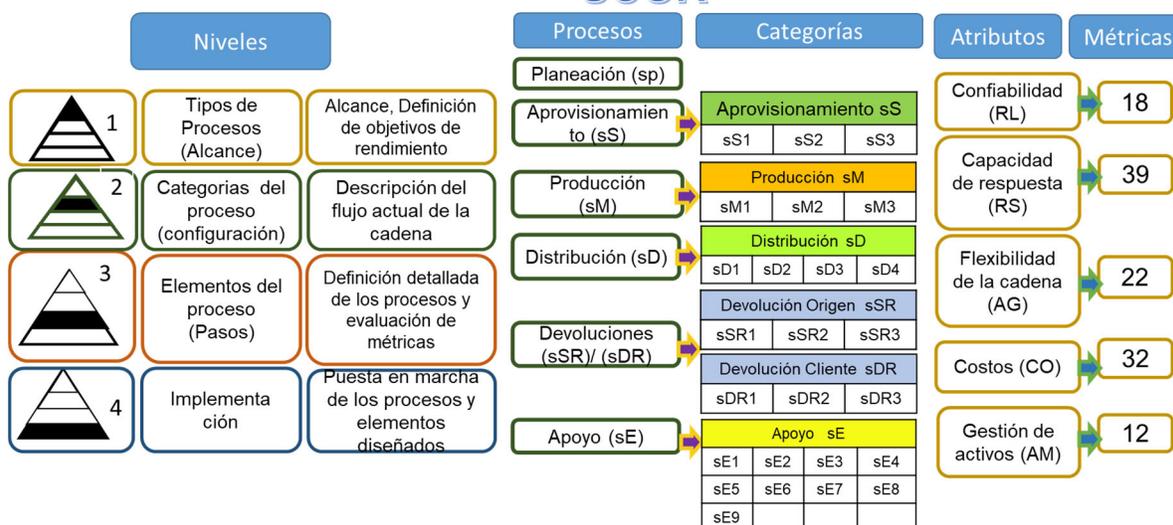


Figura 1. Aspectos básicos del SCOR. Fuente: Propia con base al modelo de referencia SCOR, versión 11.

El campo de aplicación del SCOR es muy amplio, puede emplearse en empresas de nueva creación o ya existentes, en cadenas de suministro complejas o simples y cualquiera que sea su giro.

La metodología empleada en este trabajo, fue la siguiente:

1. Se hizo una revisión de la literatura para conocer las aportaciones que se tienen sobre las características del cultivo del nopal y su cadena de suministro.
2. Se contactó a los encargados del sistema producto nopal, así como al representante del cader en Yautepec, al comité de productores de nopal en Tlalnepantla y al inifap, con el objetivo de conseguir información y el acercamiento con los productores de nopal para obtener datos in situ de manera real y confiable.
3. Se aplicaron 100 cuestionarios con un total de 59 preguntas distribuidas entre los procesos de abastecimiento, producción y distribución, para caracterizar la cadena de suministro del cultivo del nopal.
4. Con base a los resultados del cuestionario y de acuerdo al proceso se identificaron los indicadores clave para la evaluación del desempeño en particular de cada uno de sus eslabones.

Con el objeto de buscar la simplificación, dada la diversidad de variantes que presentan los productores, y facilitar el manejo de información; considerando el

marco teórico, se determinó que todos los agricultores pertenecen a la categoría de pequeños productores, para efectos de esta investigación se diseñó una clasificación con las características de mayor relevancia como la extensión de la tierra, jornaleros contratados y ventas (nacional/exportación). Con fundamento en la información recolectada y la experiencia del comité de productores, la clasificación (tipología) que se utilizará en el desarrollo de este trabajo estará representada de la siguiente manera (ver tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de los productores de nopal en Tlalnepantla. Fuente: Propia.

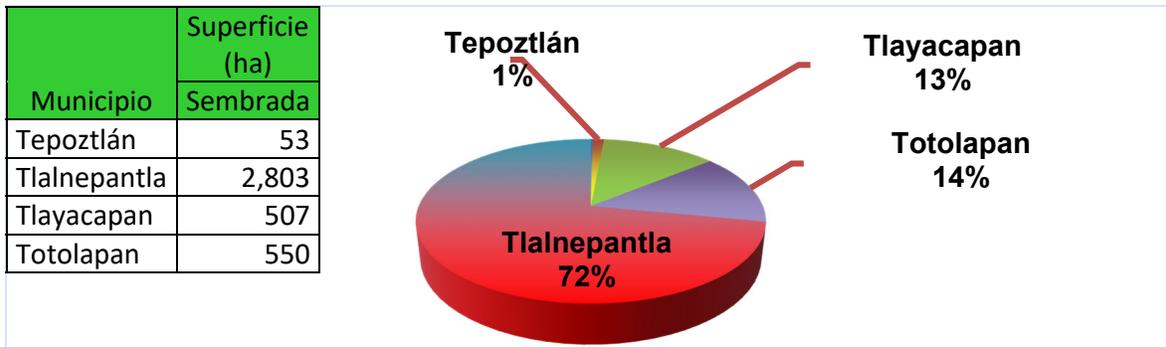
Tipificación	Características	Jornaleros	Cantidad	%
Pequeño productor local	5 tareas a 1 ha	1 - 2	200	10%
Pequeño productor regional	Más de 1 ha hasta 3 ha	3 - 6	1000	50%
Pequeño productor nacional	Más de 3 ha hasta 15	15- 20	700	35%
Pequeño productor exportador	Variado	9	100	5%

Con la información recolectada se obtuvieron los resultados que se detallan en la siguiente sección.

## Resultados y Discusión

El primer nivel del modelo SCOR permite establecer el alcance y contenido de una cadena de suministro. Aquí se diseñan objetivos de rendimiento para el desempeño competitivo de cinco procesos básicos: Aprovechamiento (S), producción (M), entrega (D), devoluciones (R) y apoyo (E). Las métricas de desempeño de este nivel miden atributos tales como la confiabilidad en el cumplimiento, capacidad de respuesta, flexibilidad, costo y gestión de activos. Para el caso de la cadena de suministro del cultivo de nopal, en Tlalnepantla, Morelos, se desarrolla lo siguiente:

**Alcance.** La investigación estará centrada fundamentalmente en el municipio de Tlalnepantla, Morelos, por ser quien ocupa el primer lugar dentro de la producción de nopal a nivel nacional, con una cantidad de 2,803 hectáreas sembradas [6], que corresponden al 72% del total de hectáreas con respecto a las demás entidades (ver gráfica 1). En cuanto a los procesos se realizará desde el aprovisionamiento, producción y la distribución específica al Centro de acopio, en donde se vende el producto al mercado local, nacional y de exportación, y en donde están involucrados los proveedores, productores y clientes como elementos de dichos procesos.



Gráfica 1. Producción de nopal en porcentajes. Fuente; Inegi, 2017

Los principales procesos y elementos del proceso identificados en la cadena de suministro del nopal se observan en la figura 2. Las líneas negras definen la dirección del flujo de los materiales y la información que inicia desde los proveedores comúnmente llamado aguas abajo y las líneas azules reflejan el flujo de los materiales e información inversa conocida como aguas arriba.

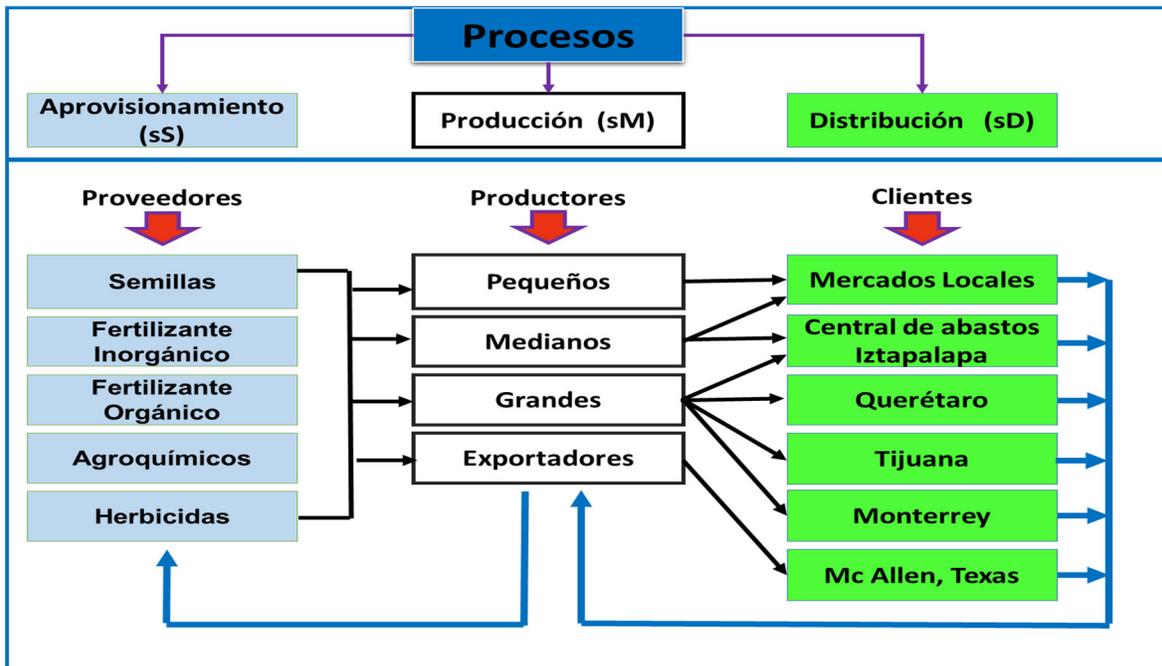


Figura 2. Cadena de suministro del nopal. Fuente: Propia con base a información de productores.

En la figura 3 se representa el modelo SCOR con los procesos y los elementos del proceso actuales para el aprovisionamiento, producción y distribución, así como la dirección que tiene del flujo de materia prima, producto en proceso y producto terminado.

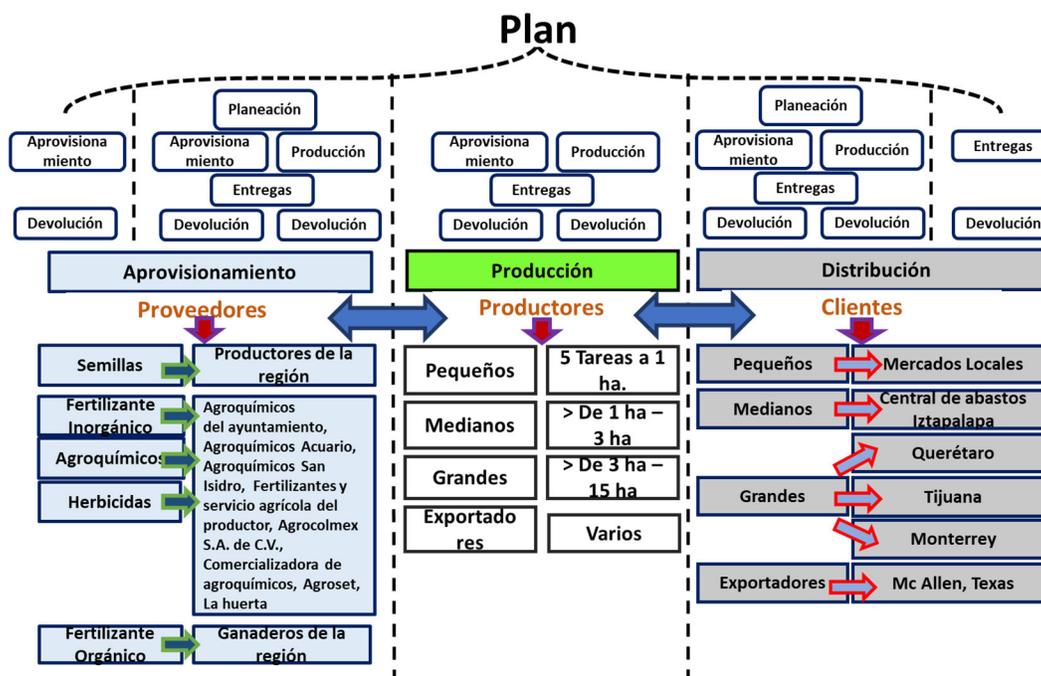


Figura 3. Procesos y elementos del proceso basados en el modelo SCOR. Fuente: Propia con base a información recolectada.

**Objetivos e indicadores para la evaluación del desempeño.** Una vez que se ha concluido la descripción de la cadena de suministro del nopal cultivado en Tlalnepantla, Morelos, es necesario definir los objetivos e indicadores que permitan evaluar y comprender el desempeño para las actividades de los procesos de abastecimiento, producción y distribución.

El objetivo principal es la reducción de costos de operación favoreciendo el incremento de las ganancias para los productores. Los atributos a evaluar son los de confiabilidad, capacidad de respuesta y costo, tal como se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Atributos y procesos definidos para el diagnóstico de la cadena de suministro del nopal. Fuente: Adaptación propia de acuerdo al modelo SCOR, versión 11

Proceso	Atributo	Confiabilidad	Capacidad de respuesta	Costo
Aprovisionamiento		X	X	X
Producción		X	X	X
Distribución		X	X	X

Las métricas propuestas para evaluar los atributos y los resultados que se obtuvieron para los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución de acuerdo a lo propuesto por el modelo de referencia SCOR se incluyen en las tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4. Resultados obtenidos para el proceso de Aprovisionamiento. Fuente: Propia

Métrica	Productor Exportador	Productor Nacional	Productor Regional	Productor Local
RL.1.1. [Total de pedidos recibidos perfectos] / [Número total de pedidos] x 100%	100%	93%	96%	92%

Tabla 5. Resultados obtenidos para el proceso de producción. Fuente: Propia

Métrica	Productor Exportador	Productor Nacional	Productor Regional	Productor Local
Cantidad producida	95 ton/año	1280 ton/año	146 ton/año	70 ton/año
Eficiencia en la operación (MO)	37%	45%	49%	49%

Tabla 6. Resultados obtenidos para el proceso de distribución. Fuente: Propia

Atributo	Métrica	Productor Exportador	Productor Nacional	Productor Regional	Productor Local
Confiabilidad.  Base: 52 pedidos	<b>Entregas con calidad:</b> Recepción de pedidos libres de defectos de acuerdo a la calidad solicitada por el cliente / Total de órdenes.	Pedidos sin defectos 51  52  <b>98%</b>	50  52  <b>96%</b>	48  52  <b>92%</b>	48  52  <b>92%</b>
	Recepción de pedidos con su documentación completa y correcta/ Total de entregas.	100%	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Capacidad de respuesta	Tiempo de ciclo de descarga de la unidad.	(81 cajas) 1.5 horas  30 min (3 personas)	(139 cajas) 2.5 horas  10 min (4 personas)	(75 cajas) 1.5 horas  15 min (3 personas)	(34 cajas) 34 min  10 min (2 personas)
Costos  Bases: Rendimiento: 3km/lt  Km recorrido promedio 30	<b>Costo por kilometro</b> Costo total del transporte/ kilometraje total recorrido.	\$450/30 = <b>\$15.00/km</b>	\$650/60 = <b>\$11.00/km</b>	\$600/60 = <b>\$10.00/km</b>	\$380/30 = <b>\$13.00/km</b>
	<b>Costo por kilogramo</b>	\$450/3500 = <b>\$0.13/kg</b>	\$650/5600= <b>\$.12/kg</b>	\$600/3000=\$ <b>0.20/kg</b>	\$380/1500= <b>\$0.25/kg</b>
	<b>Costo de carga y descarga de la unidad</b>	\$2500/1 = <b>\$2500.00</b>	1500/2 = <b>\$750.00</b>	\$1800/1= <b>\$1800.00</b>	\$540/1= <b>\$540.00</b>

Precio diésel \$20.00 lt	.				
Mano obra \$250.00 \$200.00 \$180.00	Personas para Carga/descarga (10) (3) (6) (2) (9) (2) (3) (2)	\$750/1= <b>\$750.00</b>	\$500/2= <b>\$250.00</b>	\$400/1= <b>\$400.00</b>	\$360/1= <b>\$360.00</b>

## Conclusiones

Con base a los resultados de los indicadores para el proceso de abastecimiento se observa que el exportador recibe el 100% de sus pedidos con la calidad y en las condiciones solicitadas a diferencia de un pequeño productor que ha recibido solo el 92% de pedidos completos. La eficiencia del trabajo con respecto a la mano de obra se visualiza que el mediano y pequeño productor tienen una mayor utilización de este recurso a diferencia del exportador que está por debajo un 12%. En cuanto al proceso de distribución el exportados ha cumplido con las especificaciones del cliente en un 98% a diferencia del pequeño que ha cumplido solo con un 92%. Con respecto a los costos de la distribución es necesarios implementar estrategias que minimicen los costos actuales para beneficio de los productores. En este trabajo se ha mostrado el desarrollo del primer nivel del SCOR en un producto agrícola.

## Agradecimientos

Gracias al Tecnológico de Zacatepec por las facilidades otorgadas para hacer uso de sus instalaciones y al Conacyt por el interés de apoyar la investigación y facilitar beca a estudiantes de maestría.

## Referencias

1. SIAP, 2017.
2. M. L. Usuga, Tesis, Universidad Nacional de Colombia, 2013.
3. L. M. Tapia Barrera, Tesis, Universidad Tecnológica de Bolívar, 2016.
4. D. Estampe; S. Lamouri; J-L. Paris; S. Brahim, 2013, 247-258.
5. Supply Chain Council, 2012. All rights reserved. (2012). *Supply Chain Operations Reference Model*. Obtenido de [www.supply-chain.org](http://www.supply-chain.org).
6. INEGI. (2017). *Instituto nacional de estadística y geografía, INEGI*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/>

## DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO MULTIPRODUCTO PARA UN SISTEMA DE AGUA POTABLE

C. Barreto-Cabrera<sup>1</sup>, H. Alonso-Jiménez<sup>1</sup>, V. Gama-Nájera, O. Roman-Rosales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec- Calzada

Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-

[ingclaudia\\_barreto@itzacatepec.edu.mx](mailto:ingclaudia_barreto@itzacatepec.edu.mx), [homero.aj@itzacatepec.edu.mx](mailto:homero.aj@itzacatepec.edu.mx),

[gama.najera@hotmail.com](mailto:gama.najera@hotmail.com), [oscar.rr@itzacatepec.edu.mx](mailto:oscar.rr@itzacatepec.edu.mx)

*Área de participación: Innovación estratégica de las organizaciones (IGE)*

**Resumen:** En este artículo se presenta el cálculo y el análisis del punto de equilibrio multiproducto para el sistema de agua potable y saneamiento de la región de Jojutla (SAPSJ). Para obtener el punto de equilibrio multiproducto, primero se lleva a cabo un análisis de los costos fijos y variables en los que se incurre para ofrecer el servicio de agua potable a la comunidad; adicionalmente se determina el ingreso derivado de las cuotas aportadas por los usuarios. Una vez realizado el análisis de punto de equilibrio multiproducto, se determinó que existe una contribución marginal negativa, llegando a la conclusión que la recaudación de cuotas, basada en tarifas actuales, es insuficiente para cubrir los costos generados en el sistema, por lo tanto se están generando pérdidas en el sistema de agua potable y el órgano regulador trabaja con números rojos.

### Introducción

Teniendo presente que más del 70% del total de nuestro planeta y de nuestro cuerpo está compuesto de agua; este vital líquido es considerado el elemento de mayor importancia para la existencia de la vida, por lo cual se requiere que sea utilizada haciendo uso de conciencia y de las herramientas más eficientes que se tengan para la extracción, administración y distribución del recurso.

La necesidad de transportar el agua desde la fuente hasta el punto de consumo y posteriormente darle el tratamiento apropiado a las aguas residuales para su reutilización, son actividades que generan costos, que deben ser pagados por los consumidores del recurso hídrico para la generación del servicio, por esa razón el establecimiento de sistemas tarifarios deben ser adecuados para que se puedan recuperar los costos de operación, mantenimiento, administración e inversión, y que las organizaciones encargadas de la administración del recurso no dependan de subsidios de otras organizaciones.

### Antecedentes

En una investigación [1] se comparan dos regiones con características diferentes pero dirigidas hacia el mismo fin, la representación de un modelo tarifario a través de una función matemática, se toma de base para llegar a la conclusión que no es recomendable el aumento de precios debido a que las cuotas son mayores que el costo de extracción.

Para los organismos encargados de la administración del agua, las tarifas representan la fuente principal de ingresos, cuya finalidad debe ser recuperar los costos de operación, pero cuando esto se da de manera contraria, resulta ineficiente el objetivo de la administración del recurso. Por esta razón, se tiene que realizar monitoreo de manera continua en el esquema de tarifación para lograr el propósito

de manera eficiente y obtener a su vez beneficios de mejora de distribución del líquido hacia los consumidores del sistema.

En otro trabajo [2], se utilizó un sistema tarifario, el cual de un esquema de tarificación de índole catastral, pasa a un sistema tarifario volumétrico. Para el análisis se utilizó una metodología de flujo de fondos que es a partir de una función matemática desarrollada bajo diferentes escenarios con la finalidad de cubrir los costos de manera eficiente en el periodo de la prestación del servicio, resultando positiva la implementación del sistema tarifario volumétrico.

El precio promedio del agua que cobran los servicios públicos, probablemente se encuentra fijado por el precedente de cargos históricamente bajos y puede no representar su verdadero valor en el mercado, por lo cual es necesario realizar evaluaciones en la tarificación del agua. Como por ejemplo en [3], identifica las variables sociales y físicas que desataron los conflictos del agua en México. Se construyó un modelo econométrico, realizando el análisis mediante una regresión multivariada en la que se encontraron las variables significativas, concluyendo que se deben reducir los subsidios al consumo de agua para el uso doméstico y cobrar por el uso agrícola.

Muchas de las veces las estructuras tarifarias no cubren en su totalidad los costos que conllevan la distribución del agua; sin embargo es necesario asignarlos de manera discriminatoria, es decir, que algunos usuarios paguen precios iguales a los costos marginales y otros para compensar paguen cuotas elevadas con el fin de obtener los ingresos necesarios para generar el servicio, o bien, el estado subsidie el déficit, por lo tanto en el caso de estudio desarrollado en [4] el modelo que emplea es para aquellas situaciones en que la empresa presenta costos marginales por debajo de los costos promedios.

### *Precio del agua*

El precio del agua es un instrumento de política económica que sirve para determinar las cuotas o tarifas del servicio público de agua. Si el precio coincide con el costo total de abastecimiento, los ciudadanos cubren el financiamiento de la depreciación y de la expansión de la infraestructura hidráulica por medio de las tarifas, cuotas o derechos. Por otra parte si el precio es inferior al costo total de provisión del servicio, entonces los ciudadanos cubren la totalidad del financiamiento de la depreciación y de la expansión de la infraestructura hidráulica mediante impuestos [5].

### *Costos y subsidios*

De acuerdo con el análisis económico, la tarifa promedio de agua debe ser establecida en relación con el costo marginal de producción de una unidad adicional de agua potable. Sin embargo, la estimación de tarifas deben considerar las diferencias socioeconómicas existentes en el país, mucho más con el crecimiento de los niveles absolutos y relativos de pobreza y extrema pobreza y esto presenta un límite a las propuestas que buscan elevar los precios del agua potable según sus costos reales. Por esa razón social, se hace necesaria la aplicación de subsidios con el objetivo de redistribuir el ingreso y asegurar el acceso al servicio de agua potable a los sectores de menores ingresos [6].

En la determinación de las tarifas otro aspecto importante es que el rango de consumo de agua establecido para familias de bajos ingresos es mucho mayor al estimado, por lo que también se está subsidiando por este medio a familias de ingresos medios que consumen más, y es donde surge la necesidad de separar la política de precios del agua de la de subsidios para que la segunda no afecte la situación financiera del organismo operador.

En México, se argumenta que la prestación efectuada por organismos públicos para completar los ingresos no benefician a los pobres, debido a que carecen totalmente del servicio en sus viviendas o el suministro es irregular, razones por las cuales se ven obligados a comprar, a precios mayores, agua a las pipas repartidoras, el subsidio se legitima por beneficiar a los pobres, este apoyo no necesariamente es efectivo ya que por la carencia de infraestructura y por las deficiencias en el suministro de agua deben pagarla a veces a precios muy elevados.

### *Las tarifas del agua en México*

A través del tiempo la política hidráulica en México ha incidido en el tratamiento de las políticas tarifarias a nivel nacional y en todos los sectores. En este sentido, se han dictado leyes orientadas a disminuir los elevados niveles de subsidios, alcanzar la autosuficiencia de los organismos operadores, establecer precios del agua en función de su escasez relativa y de los costos reales de abastecimiento, así como impulsar la participación privada en el manejo de los sistemas hidráulicos [6].

El organismo de la Comisión Nacional del Agua, encargado de administrar y preservar las aguas nacionales en México, destacaba que los organismos operadores carecían de capacidad técnica, tenían tarifas muy bajas y reducidos niveles de captación de ingresos. Se propuso promover su conversión en organismos descentralizados en el nivel estatal o municipal con la finalidad que fueran los consejos de administración y no las legislaturas locales los que aprobaran las tarifas, y con ello se lograría fortalecer su autonomía administrativa y dotarlos de capacidad legal y patrimonio propio.

Las cuotas fijas eran el modelo a seguir; sin embargo para 1991, el cobro de tarifas de agua potable se estableció a nivel nacional que se basara en el sistema de consumo medido, usando la estructura tarifaria de bloques incrementales, determinándose por un rango, es decir, un consumo mínimo y otro máximo por cada bloque y se cobra a cada usuario según el volumen consumido medido [7].

En el agua potable, los derechos no han servido como un referente obligatorio en la determinación de las tarifas, además el hecho de que no parece existir una metodología que establezca los criterios indispensables y el procedimiento requerido para establecer las estructuras. No se conoce con precisión la metodología para la estimación de los costos de producción y qué tipo de factores son considerados.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

A partir del nuevo modelo de tarifas para la recaudación de recursos se procedió a calcular el punto de equilibrio multiproducto, con el fin de demostrar que las nuevas

tarifas cubren los costos de operación y así validar que efectivamente el sistema sea autosuficiente. La metodología para la determinación del punto de equilibrio del SAPSJ que se empleó, fue la siguiente:

*a) Recolección de datos*

Se recolectaron los datos a partir del balance de los resultados y se solicitó el número total de tomas y costos de las tarifas de agua potable para los diferentes tipos de usuarios para el periodo del 1 de enero al 31 de diciembre del 2013, con la finalidad de realizar la clasificación de los costos fijos y variables y obtener las tarifas de los distintos tipos de usuarios, para determinar el punto de equilibrio multiproducto, haciendo la observación que se ha considerado a cada tipo de usuario como un servicio prestado distinto.

*b) Procesamiento de datos*

Con la información obtenida se realizó la clasificación de los costos fijos y variables, necesarios para la determinación del punto de equilibrio. Los rubros considerados en la clasificación de los costos fijos son: el pago de derechos a Conagua los gastos administrativos, asesoría jurídica del sindicato, nómina de trabajadores sindicalizados y de confianza (del área administrativa) acumulando la cantidad total de \$ 960,331.00. El total de los costos variables fue de \$11,998,370.73, parte de este valor fue el relacionado con la nómina a los trabajadores y la energía eléctrica que se paga por el funcionamiento de las bombas.

A través de la clasificación de los costos, se concluye que el costo total anual de los gastos de operación fue de \$12,958,701.73, el cual se obtiene de los costos fijos más los costos variables generados durante el año 2013.

Para la cuantificación de los ingresos, se consideraron las 11590 tomas, en la Tabla 5 se colocaron los datos iniciales necesarios para calcular el punto de equilibrio, por lo que fue necesario colocar las cinco tarifas diferentes del cobro y el número de tomas que corresponden a cada una de las tarifas; además, la recaudación que se obtiene de la multiplicación del número de tomas por el precio a cobrar por cada toma. El porcentaje de ventas por categoría se calcula al dividir el número de tomas entre el total de éstas.

**Tabla 5: Datos iniciales del punto de equilibrio.**

TARIFAS	A	B	C	D	E	TOTAL
TOMAS	721	5716	306	4207	640	11590
M3	0	0	0	0	0	0
TARIFA POR TOMA (\$)	816	3273.24	556.73	818.28	3264	8728.25
INGRESO TOTAL (\$)	588336	18709839.8	170359.38	3442503.96	2088960	24999999.2
% VENTAS POR CATEGORÍA	0.0622088	0.49318378	0.02640207	0.36298533	0.055220017	1

## Resultados y Discusión

Para calcular el punto de equilibrio multiproducto se realizó una tabla donde se colocó un intervalo de mil en mil hasta cubrir las 11590 tomas totales que existen en el sistema de agua. El cálculo se obtuvo a partir de cada una de las tarifas propuestas por el porcentaje de ventas por categoría de esa tarifa; multiplicado por el intervalo de tomas; por ejemplo, para el cálculo del intervalo de 1000 tomas se multiplico éste valor por el costo de la tarifa \$816 y éste a su vez, es multiplicado por el porcentaje de ventas, valor de 0.0622088, obteniendo como resultado \$50762.38. De la misma forma se calcula para cada una de las diferentes tarifas. Posteriormente se realiza la suma de cada renglón con el fin de obtener el total de ingresos por intervalo, como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6: Ingresos en función al número de tomas.**

INGRESOS:	816	3273.24	556	818.28	3264	
TOMAS	A	B	C	D	E	TOTAL
0	0	0	0	0	0	0
1000	50762.38136	1614308.87	14679.55134	297023.6376	180238.14	2,157,012.58
2000	101524.7627	3228617.75	29359.10267	594047.2752	360476.27	4,314,025.16
3000	152287.1441	4842926.62	44038.65401	891070.9129	540714.41	6,471,037.74
4000	203049.5255	6457235.49	58718.20535	1188094.55	720952.55	8,628,050.32
5000	253811.9068	8071544.37	73397.75669	1485118.188	901190.68	10,785,062.90
6000	304574.2882	9685853.24	88077.30802	1782141.826	1081428.8	12,942,075.48
7000	355336.6695	11300162.1	102756.8594	2079165.463	1261667	15,099,088.06
8000	406099.0509	12914471	117436.4107	2376189.101	1441905.1	17,256,100.64
9000	456861.4323	14528779.9	132115.962	2673212.739	1622143.2	19,413,113.22
10000	507623.8136	16143088.7	146795.5134	2970236.376	1802381.4	21,570,125.80
11000	558386.195	17757397.6	161475.0647	3267260.014	1982619.5	23,727,138.38
12000	609148.5764	19371706.5	176154.616	3564283.651	2162857.6	25,884,150.96

Una vez calculados los ingresos, fue necesario calcular el costo total, el cual se obtiene de sumar los costos fijos más los costos variables, éstos últimos van en función del número de tomas, ver Tabla 7.

**Tabla 7: Datos del punto de equilibrio multiproducto**

TOMAS	INGRESOS	COSTOS FIJOS	COSTO VARIABLE	COSTO TOTAL
0	-	960,331.00	-	960,331.00
1000	2,157,012.58	960,331.00	1,502,801.95	2,463,132.95
2000	4,314,025.16	960,331.00	3,005,603.89	3,965,934.89
3000	6,471,037.74	960,331.00	4,508,405.84	5,468,736.84
4000	8,628,050.32	960,331.00	6,011,207.78	6,971,538.78
5000	10,785,062.90	960,331.00	7,514,009.73	8,474,340.73
6000	12,942,075.48	960,331.00	9,016,811.67	9,977,142.67
7000	15,099,088.06	960,331.00	10,519,613.62	11,479,944.62
8000	17,256,100.64	960,331.00	12,022,415.56	12,982,746.56
9000	19,413,113.22	960,331.00	13,525,217.51	14,485,548.51
10000	21,570,125.80	960,331.00	15,028,019.45	15,988,350.45
11000	23,727,138.38	960,331	16,530,821.4	17,491,152.4
12000	25,884,150.96	960,331.00	18,033,623.34	18,993,954.34
13000	28,041,163.54	960,331.00	19,536,425.29	20,496,756.29

A partir de los resultados obtenidos en Tabla 7 se logra la gráfica del punto de equilibrio multiproducto como se muestra en la Figura 22.

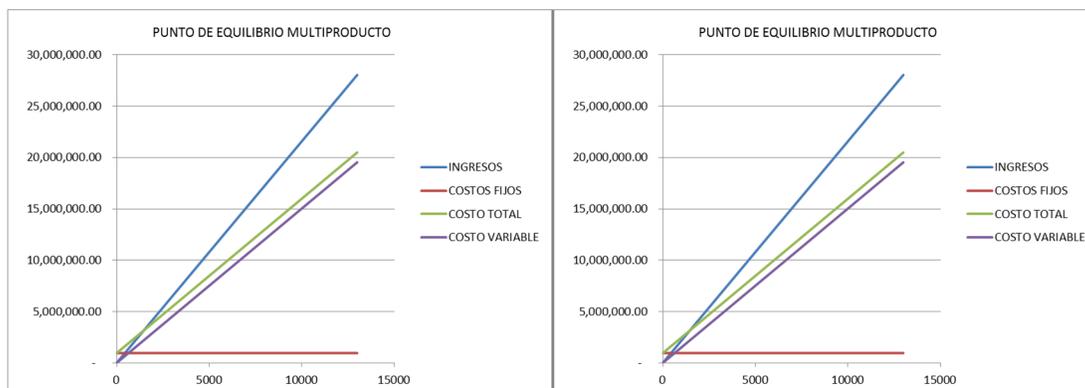


Figura 9: Representación gráfica del punto de equilibrio del modelo propuesto.

El punto de equilibrio multiproducto, de manera gráfica se encuentra en la intersección de las rectas de los costos totales e ingresos, por lo que es necesario encontrar de manera analítica para determinar los costos de intersección y el número de tomas en donde se encuentra este valor.

En la Tabla 9 se presentan los datos para el cálculo del punto de equilibrio multiproducto. En la columna (PRODUCTO) se muestran las cinco diferentes tarifas propuestas. En la columna (P) se muestra el precio de la tarifa. En la columna (CVMe) el costo variable unitario se obtiene de los costos variables entre el número total de tomas, es decir,  $\$11,998,370.73/11590 = \$1,035$ . En la columna  $(1-CVMe/P)$  se obtiene el punto de equilibrio en proporción de cada uno de los productos. En la columna (i) el porcentaje de ventas se obtiene al dividir el número de tomas correspondiente a cada una de las tarifas entre el total de tomas en la localidad y, en la última columna, se obtiene la contribución marginal, que resulta de la sumatoria de la multiplicación de la columna (i) y la última columna:

Tabla 8: Datos del punto de equilibrio multiproducto.

PRODUCTO	PRECIO DE VENTA POR TOMA (P)	COSTO VARIABLE UNITARIO (CVMe)	$(1-CVMe/P)$	% DEL ITEM EN VENTAS (i)	$(1-CVMe/P)i$
A	816	1035	-0.268382353	0.06220880	-0.017
B	3273.24	1035	0.683799538	0.493183779	0.34
C	556	1035	-0.861510791	0.026402071	-0.023
D	818	1035	-0.265281174	0.362985332	-0.096
E	3264	1035	0.682904412	0.055220017	0.038
TOTAL=				1	0.245

Por último se dividen los costos fijos entre la contribución marginal, es decir,  $\$960,331.00 / 0.245$ , lo que se interpreta que el punto de equilibrio multiproducto en unidades monetarias se da en  $\$3,919,718.36$ .

## Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la metodología para determinar el punto de equilibrio multiproducto para el Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Jojutla (SAPSJ) en el estado de Morelos, a partir de un modelo que permitió proponer nuevas tarifas que considerara los costos reales para que el servicio fuera sostenible. Es bien sabido que en la República Mexicana las cuotas que se cobran a los usuarios no se realizan de la misma manera, en muchos de los estados de la República Mexicana el cobro se realiza por servicio medido, es decir, se miden los m<sup>3</sup> que se utilizaron de agua potable y los usuarios pagan lo realmente utilizado, en caso de que no lo hagan, entonces se les corta el suministro de agua potable.

Si bien, para las cuotas establecidas para los usuarios del agua potable, debe ser considerada la situación socioeconómica de los mismos, es importante que éstas sean reales y permitan que el SAPSJ sea autosuficiente y obtenga los recursos para poder realizar las inversiones necesarias para poder hacer llegar el agua a cada uno de los hogares con la higiene y oportunidad requerida.

En este trabajo se demuestra que con la nueva propuesta de tarifas se obtiene un punto de equilibrio multiproducto positivo, que permitirá ofrecer un servicio de agua potable acorde a las necesidades de la población, un servicio de agua potable sin cortes, sin fugas y con la higiene que debe llegar a cada uno de los hogares.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo a la administración del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Jojutla (SAPSJ) en el estado de Morelos, por proporcionar la información para la realización de este estudio.

## Referencias

- [1] Flores, G. (2008). Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera. *Redalyc*, XX(42).
- [2] Ferroglio, E. (2010). Determinación de los beneficios del sistema de tarifación volumétrico para el servicio de agua potable en la localidad de La Calera, Córdoba, Argentina. *Redalyc*, 28(2), 405-421.
- [3] Becerra Pérez, M., Sainz Santamaría, J., Muñoz Piña, C., (2006). Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis. Gestión y política Pública (en línea). Vol. XV, núm 1, pp. 111-143 Centro de Investigación y Docencia Económicas. Distrito Federal, México. Obtenido el 10 de diciembre de 2018 y disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13315104>.
- [4] Viera Castillo, D. (2006) Distribución de ingresos y determinación de tarifas. Horizontes empresariales. Vol. 5, Núm. 1, pág.9-22.
- [5] Craig T., Vaughan D. & Skinner B. (2008). Recursos de la tierra, origen, uso e impacto ambiental. Tercera ed., Madrid: Pearson Prentice Hall, pág. 83-184.
- [6] Marañón Pimentel, B. (2003) Las tarifas de agua potable en la zona metropolitana de la Ciudad de México, 1992-2002: ¿Hacia una política de la administración de la demanda? Obtenido el 10 de diciembre de 2018 en: <https://agua.org.mx/wp->

content/uploads/2012/01/tarifasdeaguapotablezonametropolitanaciudadmexico1992-2002.pdf

[7] Martínez Omaña, M. C. (2002). La gestión privada de un servicio público: el caso del agua en el Distrito Federal 1988-1995, Instituto Mora-Plaza y Valdéz. México.

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACEPTACIÓN EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE LOS EGRESADOS DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS IGUALA A PARTIR DEL 2015

**R. Marchán-Lázaro, M. A. Bárcenas- Nava, Elisa. Trujillo- Beltrán, R. García- Martínez y S. Ortiz-Hernández**

<sup>1</sup>DocenteTecNM- Instituto Tecnológico de Iguala- [rosalia.marchan@itiguala.edu.mx](mailto:rosalia.marchan@itiguala.edu.mx),

<sup>2</sup>DocenteTecNM- Instituto Tecnológico de Iguala- [angeles.barcenas@itiguala.edu.mx](mailto:angeles.barcenas@itiguala.edu.mx),

<sup>3</sup>DocenteTecNM- Instituto Tecnológico de Iguala- [elisa.trujillo@itiguala.edu.mx](mailto:elisa.trujillo@itiguala.edu.mx) <sup>4</sup>DocenteTecNM- Instituto Tecnológico de Iguala- [romel.garcia@itiguala.edu.mx](mailto:romel.garcia@itiguala.edu.mx) AlumnaTecNM-Instituto Tecnológico de Iguala- [ortizsamantha171@gmail.com](mailto:ortizsamantha171@gmail.com)

**Área de participación:** Innovación estratégica de las Organizaciones

**Resumen:** Este trabajo está encaminado a conocer la aceptación que tienen nuestros egresados dentro del campo laboral y la opinión que los empresarios tienen sobre nuestros egresados y nuestra institución, analizando el desempeño profesional de las carreras que ofrece el plantel en la Zona Norte del Estado de Guerrero, es decir el grado de aceptación de los egresados en el sector productivo desde el punto de vista de su formación profesional según los parámetros establecidos por el plantel. A ésta institución acuden de diferentes Municipios aledaños como son: Taxco, Buenavista de Cuellar, Tepecoacuico de Trujano, Cocula y Teloloapan que son a las que nos dimos la tarea de investigar y otras comunidades mas pequeñas y claro nuestra afluencia principal de Iguala de la Independencia. El posicionamiento otorga a la institución una imagen propia en la mente de la sociedad, que le hará diferenciarse del resto de su competencia. Esta imagen propia, se construye mediante la comunicación activa de unos atributos, beneficios o valores distintivos, a nuestra audiencia objetivo, previamente seleccionados con base a la estrategia institucional.

En la actualidad, las personas de alto rendimiento son las que marcan la diferencia e influyen, mediante sus habilidades profesionales y su saber hacer, en la cuenta de resultados de las organizaciones en las que trabajan. Se dice que posee competencia profesional quien dispone de los conocimientos, destrezas y aptitudes necesarios para ejercer una profesión, puede resolver los problemas profesionales de forma autónoma y flexible y está capacitado para colaborar en su entorno profesional y en la organización de trabajo.

## Introducción

Este trabajo de investigación se realiza en el Estado de Guerrero, el cual colinda al norte con los estados de México, Morelos, Puebla y Michoacán, al sur con el Océano Pacífico, al este con Puebla y Oaxaca y finalmente al oeste nuevamente se encuentra el estado de Michoacán y el Océano Pacífico y está formado por una extensión territorial total de 63,794 kilómetros cuadrados, se encuentra situado a una altura promedio de 3,550 metros sobre el nivel del mar (Gobierno del Estado de Guerrero, 2017).

La creación del Tecnológico Nacional de México TecNM, mediante decreto presidencial, publicado en el DOF el 23 de julio de 2014 como órgano desconcentrado de la SEP, que sustituye a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) unidad administrativa que representaba a los Institutos Tecnológicos del País, en el que se establecen las bases jurídicas y legales aplicables al TecNM con autonomía técnica, académica y de gestión, cuyo objetivo es “prestar, desarrollar, coordinar y orientar los servicios de educación superior tecnológica” en este caso de estudio en el nivel licenciatura “ formar profesionales e investigadores aptos para la aplicación y generación de

conocimientos que les proporcionen las habilidades para la solución de problemas, con pensamiento crítico, sentido ético, actitudes emprendedoras, de innovación y capacidad creativa para la incorporación de los avances científicos y tecnológicos que contribuyan al desarrollo nacional y regional de acuerdo al artículo 2 del decreto citado. Principalmente nuestros egresados son de las comunidades aledañas a la Ciudad de Iguala, algunos se quedan durante el período de clases a radicar en la Ciudad y algunos viajan diariamente.

Se recopila información de las partes interesadas para realmente estrechar la brecha entre la educación y el mundo laboral. Se puede preguntar a los egresados más recientes sobre su situación laboral así como el resultado de contrastar sus competencias profesionales con las necesidades de su empleo. Por otra parte obtener de los empleadores sus requerimientos para contratar en cuanto al desempeño de sus trabajadores egresados del Instituto Tecnológico de Iguala.

### **Sección Experimental y/o Fundamento Teórico**

La cobertura geográfica, o espacial en este proyecto, es el seguimiento de egresados del Instituto Tecnológico de Iguala en la Zona Norte del Estado de Guerrero, específicamente a los municipios determinados como los más importantes: Taxco de Alarcón, Tepecoacuilco de Trujano, Huitzuco de los Figueroa, Buenavista de Cuellar, Teloloapan e Iguala de la Independencia.

Es importante promover el Seguimiento de Egresados en el TecNM, con el propósito de evaluar la pertinencia educativa que se oferta y la necesidad de adecuar los planes y programas de estudio a los requerimientos de los sectores en donde se insertarán los egresados del Sistema.

La presente investigación es exploratoria-descriptiva, con el diseño de investigación no experimental y de corte transversal, con los resultados de la base de datos del Sistema de Información Integral del plantel y la base de datos del Sector Productivo en la Zona Norte del Estado de Guerrero, así como su análisis estadístico inferencial, que permitirá monitorear el proceso de inserción en el mercado laboral para determinar indicadores de desempeño profesionales que influyen en el posicionamiento regional del Instituto Tecnológico de Iguala.

Se parte de una investigación documental tomando como base las disposiciones técnicas y administrativas para el seguimiento de egresados para los institutos tecnológicos vigentes, así como las publicaciones en artículos indexados, memorias en extensos, Internet, en libros, revistas y tesis respecto al tema.

Para dicha investigación aplicamos la fórmula de Fisher y Navarro con un margen de error del 10% y un nivel de confiabilidad del 95%.

Se consideró una población total de 671 egresados y 594 empresas, la muestra obtenida son 85 egresados y 83 empresas.

### **Resultados y Discusión**

La unidad de análisis en esta investigación son las personas egresadas del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Iguala en la región norte del Estado de Guerrero, así como los empleadores que solicitan el servicio profesional, los egresados desde el año 2015 hasta 2018 da un total de 671.

La población implica los sujetos u objetos de estudio que se representan a través de la muestra. Se utiliza el muestreo aleatorio estratificado con el fin de resaltar subgrupos específicos dentro de la población. Esta técnica es útil en esta investigación porque es más minuciosa y garantiza la presencia del subgrupo clave dentro de la muestra, en este caso el grupo de empleadores y egresados del plantel Iguala forman un subgrupo diferente.

A continuación, se muestra la base de datos de los egresados de las diferentes carreras que oferta el Instituto Tecnológico de Iguala (Contador Público, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática e Ingeniería en Sistemas Computacionales) los cuales son egresados a partir de 2015 y representan una parte fundamental en la investigación para conocer el grado de aceptación actualmente de los egresados en el campo laboral.

Se clasificaron en 6 categorías las cuales se mencionan a continuación:

### **Categoría 1.- Perfil del egresado**

En esta categoría se muestra parte importante de la investigación pues es el perfil del egresado, donde son datos personales acerca de ellos, para identificarlos de mejor manera y corroborar datos verídicos con respecto a su formación académica.

### **Categoría 2.- Pertinencia y disponibilidad de medios y recursos para el aprendizaje**

De acuerdo a los resultados estadísticos arrojados por el programa informático SPSS, considerando como el 100% los 85 alumnos egresados de las carreras de (Contador Público, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería Informática, Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Computacionales) del Instituto Tecnológico de Iguala, se dice que el 61.18% de los egresados refirieron que la *calidad de los docentes* fue “Buena”, el 25.88% “Muy Buena” y el 12.94% “Regular”. El 61.18% consideraron el *plan de estudios* fue “Bueno”, el 27.06% “Muy Bueno”, el 9.41% “Regular” y solo el 2.35% “Malo”. El 49.41% de ellos consideran que la oportunidad de participar en proyectos de investigación y desarrollo los egresados calificaron que fue “Buena”, el 30.59% “Muy Buena”, el 18.82% “Regular” y solo el 1.18% “Mala”.

El 56.47% de los egresados consideraron que el énfasis que se le prestaba a la investigación dentro del proceso de enseñanza fue “Bueno”, el 20% que fue “Muy Bueno”, el 21.18% fue “Regular” y solo el 2.35% fue “Malo”. El 52.94% consideraron que fue “Buena” la satisfacción con las condiciones de estudio (infraestructura), el 18.82% fue “Muy Buena”, el 24.71% fue “Regular” y solo el 3.53% fue “Mala” y la experiencia obtenida a través de la residencia profesional calificaron el 56.47% de los egresados que fue “Muy Buena”, el 36.47% fue “Buena” y el 7.06% fue “Regular”, cabe mencionar que ningún egresado contestó de manera desfavorable que fuera “Mala” la experiencia obtenida a lo largo del trayecto de la residencia profesional.

### **Categoría 3.- “Ubicación laboral de los egresados”**

En esta categoría el 91.76% de los egresados “Trabajan”, el 8.24% de ellos “Estudian y Trabajan”, cabe mencionar que ningún egresado contestó de manera desfavorable en esta opción “Estudia” y “No Estudia, ni Trabaja”. El 41.18% de ellos

adquirieron su primer empleo “Antes de Egresar”, el 32.94% fue en “Menos de Seis Meses”, el 17.65% fue “Entre Seis Meses y un Año” y el 8.24% fue “Más de un Año”, el 50.59% de los egresados el medio para obtener el primer empleo fue por medio de “Contactos Personales”, el 20% fue por “Medios Masivos de Comunicación”, el 15.29% fue por “Residencia Profesional”, el 8.24% fue por “Otros Medios” y el 5.88% fue por medio de la “Bolsa de Trabajo del Plantel”.

El 43.53% de ellos se refirieron que los requisitos de contratación que requieren en las empresas son por “Título Profesional”, el 15.29% fue por “Examen de Selección”, el 14.12% fue por “Actitudes y Habilidades Socio-Comunicativas (Principios y Valores)”, el 14.12% contestaron que fue por “Competencias Laborales”, el 4.71% fue por “Otros”, sin embargo el 4.71% fue “Ninguno” y el 3.52% fue por “Idioma Extranjero”, el 80% de ellos calificaron que el idioma que se utiliza en su trabajo es el “Español” y el 20% fue el idioma “Inglés”.

El 29.41% de los egresados se refirieron que la antigüedad en su empleo fue “Menos de un año”, el 17.65% fue “Un año”, el 16.47% fue “Dos años”, el 9.41% fue “Tres años” y 27.06% fue “Más de tres años”, el 58.82% de ellos consideraron que los ingresos (salario mínimo) que perciben son “Menos de 5”, el 24.70% fue “Entre 5 y 7” salarios, el 8.24% fue “Más de 10” y el 8.24% “Entre 8 y 10”, el 42.35% de los egresados consideraron que en el nivel jerárquico en su trabajo son como “Técnico”, el 10.59% “Supervisor”, el 27.06% “Jefes de Área”, el 11.76% “Funcionarios”, el 3.53% “Empresarios”, y el 3.53% “Directivos”, el 14.12% de ellos consideraron que la condición de trabajo es “Eventual”, el 40% es por “Contrato”, el 42.35% es por “Base” y el 3.53% es por “Otros”.

El 5.88% calificaron que su relación de trabajo con su área de formación es “0%”, el 3.53% un “20%”, el 18.82% fue el “40%”, el 22.35% fue el “60%”, el 24.71% fue el “80%”, el 24.71% fue el “100%”, el 2.35% de los egresados consideraron que el sector económico de la empresa u organización es el sector primario que fue “Agroindustria”, solo 1.17% correspondiente a un egresado calificó que fue “Minero”, el 10.59% de los egresados consideraron que en el sector secundario el que más predominó fue “Construcción”, el 2.35% “Industrial”, sólo 1.17% correspondiente a un egresado calificó que fue “Otro” sector, en el sector terciario el que más predominó con el 28.24% fue “Comercio”, el 24.71% fue “Servicios”, el 12.94% fue “Educativo”, el 2.35% fue “Turismo” y el 14.12% fue “Otros”.

El 24.71% de los egresados consideraron que el tamaño de la empresa u organización en la que laboran es una “Pequeña” empresa, sin embargo el 18.82% consideran que es “Mediana”, el 29.41% consideran que es una “Microempresa” y solo el 27.06% consideraron que es una “Grande” empresa u organización.

#### **Categoría 4.- “Desempeño profesional de los egresados (Coherencia entre la formación y el tipo de empleo)”**

Dentro de esta categoría el 55.29% de los egresados encuestados refirieron que la eficiencia para realizar las actividades laborales, en relación con su formación académica es “Eficiente”, un 41.18% de manera “Muy eficiente” y sólo el 3.53%

“Poco eficiente” y ningún egresado calificó de manera “Deficiente”, así también el 57.65% calificaron de manera “Bueno” su formación académica con respecto a su desempeño laboral, 37.65% de manera “Excelente” y sólo el 4.70% de manera “Regular” y ningún egresado calificó de manera “Malo”, sin embargo el 43.53% considera que la utilidad de las residencias profesionales para su desarrollo laboral y profesional es “Excelente”, el 41.18% de manera “Bueno”, el 14.12% “Regular” y sólo 1.17% correspondiente a un egresado calificó de manera “Malo”.

El 58.82% menciona que no ha sido ascendido de puesto en el tiempo que lleva laborando en la empresa, pero un 41.18% si ha tenido un ascenso laboral, así mismo un 88.24% es su único empleo actualmente y sólo el 11.76% cuentan con algún otro empleo.

### **Categoría 5.- “Expectativas de desarrollo, superación profesional y de actualización”**

Esta categoría le brinda satisfacción a la investigación debido a que el 90.59% de los egresados si están interesados en tomar cursos de actualización, sin embargo, un 9.41% no les gustaría mantener actualizados sus conocimientos. Así también el 76.47% les gustaría cursar algún posgrado y un 23.53% menciona que no están interesados en cursar algún posgrado.

### **Categoría 6.- “Participación social de los egresados”**

Dentro de esta categoría, el 73.49% de egresados “No Pertenece” a organizaciones sociales de igual manera tampoco pertenecen a organismos de profesionistas, sin embargo, el 26.51% respondieron que “Si les Gustaría” pertenecer a una asociación de egresados para poder así fortalecer u obtener nuevos conocimientos.

Realizando los instrumentos nos comentaban que estas opciones de organismos serían de mucha ayuda principalmente para los egresados que buscan esta participación social y también para la Zona Norte del Estado de Guerrero ya que daría un buen prestigio y obtendrían más oportunidades de trabajo e inversión.

En la siguiente tabla se señalan algunos indicadores obtenidos en la categoría 2 pertinencia y disponibilidad de medios.

85 alumnos tomando como base 100%

*Tabla 9. Pertinencia y disponibilidad de medios.*

Pregunta	Muy buena %	Buena %	Regular %	Malo %	Total %
Calidad de los docentes	15.94	25.88	58.18	0	100
Calidad del plan de estudios	9.41	27.06	61.19	2.34	100
Oportunidad de participar en proyectos	30.59	49.41	18.82	1.18	100
Investigación	20.0	56.47	21.18	2.35	100
Infraestructura	18.82	52.94	24.71	3.53	100
Experiencia obtenida en residencias profesionales	36.47	56.47	7.06	0	100

## Conclusiones

De acuerdo a los dos instrumentos aplicados en la presente investigación se llegó a la conclusión de que los egresados del Instituto Tecnológico de Iguala tienen de manera general una aceptación muy favorable en el ámbito laboral por parte de los empleadores, ya que la mayoría de estos cumplen con las habilidades, capacidades y destrezas que cada una de las empresas requiere, así mismo los egresados de la carrera de Contador Público e Ingeniería en Sistemas Computacionales son las que tienen campo laboral más amplio dentro en la Zona Norte del Estado de Guerrero, mientras que las carreras que buscan oportunidades de empleo en zonas de otros estados son Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería Industrial e Ingeniería Informática.

La estrategia de posicionamiento que se propone en esta investigación es basada en atributos. El Instituto Tecnológico de Iguala se da a conocer a través de sus egresados mediante las habilidades que adquieren durante su proceso de formación, las cuales son: habilidad para resolver conflictos, mejora de procesos, facilidad de palabra, cumplimiento de las normas y trabajo en equipo.

## Agradecimientos

El cuerpo académico en consolidación "Contaduría y Procesos de Gestión Administrativa, agradece al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico de Iguala, a los empresarios que nos dieron las facilidades para encuestar a su empresa y egresados que laboran con ellos, así también a los egresados que desempeñan una actividad independiente y tuvieron la disposición de atendernos.

## Referencias

1. (2007). Tunning, reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final, Universidad de Deusto, Universidad de Groningen.
2. Argundin, Y. (2007). Educación basada en competencias. México: Trillas.
3. Cámara de diputados. (24 de febrero de 2017). Cámara de diputados, H. Congreso de la Unión. Obtenido de Constitución Política de los estados Unidos Mexicanos: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_240217.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_240217.pdf)
4. Educación, L. G. (19 de 01 de 2018). Ley General de Educación. Obtenido de Ley General de Educación: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_240217.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_240217.pdf)
5. Gobierno del Estado de Guerrero, M. (1 de enero de 2017). [guerrero.gob.mx/municipios/](http://guerrero.gob.mx/municipios/). Obtenido de [guerrero.gob.mx/municipios/](http://guerrero.gob.mx/municipios/)
6. Hernández, R. F. ((2006)). ¿Cómo seleccionar una muestra? En R. Hernández, Metodología de la Investigación (págs. 209-213). México: Mc Graw Hill.
7. PIID. (2013-2018). Programa Institucional de Innovación y Desarrollo. Obtenido de Programa Institucional de Innovación y Desarrollo.
8. Pública., S. d. (Mayo, 2008.). Disposiciones técnicas y administrativas para el seguimiento de egresados. Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica.

# ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS DE APOYO, PARA LA MEJORA CONTINUA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO 9001:2015 EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CUAUTLA

**<sup>1</sup>M. R. Hernández-Andrade, <sup>2</sup>Y. Hernández-Tamayo, <sup>3</sup>D. P. Granados-Miranda y <sup>4</sup>M. L. Acosta-Miranda**

<sup>1</sup>Coordinación del Sistema de Gestión del Instituto Tecnológico de Cuautla- [calidad@itcuautla.edu.mx](mailto:calidad@itcuautla.edu.mx) <sup>2</sup>Subdirección de Planeación y Vinculación del Instituto Tecnológico de Cuautla- [sub.planeación@itcuautla.edu.mx](mailto:sub.planeación@itcuautla.edu.mx) <sup>3</sup>Alumno Ing. Industrial- [rebelionpanzer500@gmail.com](mailto:rebelionpanzer500@gmail.com) <sup>4</sup>Coordinación de Posgrado del Instituto Tecnológico de Cuautla- [posgrado@itcuautla.edu.mx](mailto:posgrado@itcuautla.edu.mx), Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N Col. Juan Morales, Cuautla Morelos, México

*Área de participación: Innovación Estratégica de las Organizaciones (IGE)*

**Resumen:** Durante el periodo escolar Agosto-Diciembre 2018 la Coordinación del Sistema Integral del Instituto Tecnológico de Cuautla realizó un estudio por medio de encuestas, a través de internet dentro de las cuales se consultaron a 2700 estudiantes que forman parte de la población estudiantil, con el fin de obtener información que permitiera analizar la percepción que se tiene sobre la atención recibida en las diferentes ventanillas de atención de los departamentos del Instituto y de esta manera detectar las posibles áreas de mejora. Participaron más del 50% de los estudiantes y los resultados arrojaron índices de satisfacción de entre el 50 y el 75 % en las diversas ventanillas de atención de la institución, al tiempo que arrojó datos importantes para la visualización de posibles mejoras.

## Introducción

Desde el año 2017 el Instituto Tecnológico de Cuautla cuenta con un Sistema de Gestión Integral con los propósitos de (I.T.C., 2017):

- A. Contribuir el cumplimiento de los compromisos institucionales del TecNM plasmados en el PIID institucional.
- B. Garantizar la calidad del servicio educativo con estricto apego al cumplimiento de los objetivos y metas plasmadas en el PIID 2013-2018 del Plantel.
- C. Crear una cultura de compromisos con la conservación del ambiente y la sustentabilidad.

De esta manera su política del SGI menciona:

*El personal del Instituto Tecnológico de Cuautla, perteneciente al Tecnológico Nacional de México, se compromete a garantizar la satisfacción del estudiante sustentado en la eficacia del servicio educativo; a orientar sus actividades hacia la protección del medio ambiente, la prevención de la contaminación y el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable; y a mejorar continuamente los procesos conforme a los requisitos de las normas ISO 9001:2015/NMX-CC-9001-IMNC-2015/NMX-SAA-14001-IMNC-2015 (I.T.C., 2017).*

Es por esto que, con apego a la norma ISO 9001:2015 y enfocada a la mejora continua, se creó la encuesta de servicios; que proporcionó datos acerca del

desempeño de los diversos departamentos según la percepción del estudiante sobre la atención del personal hacia ellos.

Dentro de la encuesta se mide la satisfacción de los estudiantes en los procesos de: Centro de Cómputo, Centro de Información, Tutorías, Asesorías, Servicios Escolares, Servicio Médico, Becas, Bolsa de Trabajo, Titulación, Servicio Social, Formación Integral y Recursos Financieros con preguntas referentes al servicio que se brinda en cada uno de ellos.

Correspondiente a Tutorías y Asesorías el estudio se vio estratificado por carreras, en los demás procesos se analizó de manera general.

### **Objetivo general de la encuesta**

Conocer el grado de satisfacción de los estudiantes con respecto a la atención que se les brinda en las ventanillas de atención, para detectar mejoras en los procesos de los diferentes departamentos de servicios de la Institución.

### **Fundamento Teórico**

El presente artículo aborda los aspectos comprendidos en la norma ISO 9001:2015, en la cual está enfocada el Sistema de Gestión Integral del Instituto Tecnológico de Cuautla y del que se desprende el enfoque de mejora continua.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización. Dicha organización esta subdividida en comités técnicos, cada uno de ellos encargados de realizar, analizar y realizar las mejoras pertinentes a la norma a tratar (ISO, 2015).

Acorde al Dr. Aguirre (2014) el concepto de mejora continua se refiere al hecho de que nada puede considerarse como algo terminado o mejorado de forma definitiva.

Dentro de la mejora continua nos encontramos con estrategias como el círculo de Deming o ciclo Plan, Do, Check, Act, (PDCA, por sus siglas en inglés), el cual consta de cuatro fases que a continuación se describen (Aguirre, 2014):

- Planear (Plan): Estructuración del método con el que debe desarrollarse la actividad y sus responsabilidades; definir los indicadores y objetivos que permiten la evaluación de la actividad.
- Hacer (Do): Desarrollar la actividad tal y como se ha planificado.
- Comprobar (Check): Evaluar cualitativa y cuantitativamente la eficacia y la eficiencia de la actividad y relacionarlas con los objetivos a alcanzar.
- Actuar (Act): Identificar y priorizar las oportunidades de mejora existentes en la actividad y definir las soluciones a las mismas.

Este ciclo se aplica a todos los procesos que integran al Sistema de Gestión Integral del Instituto Tecnológico de Cuautla (Fig. 1).

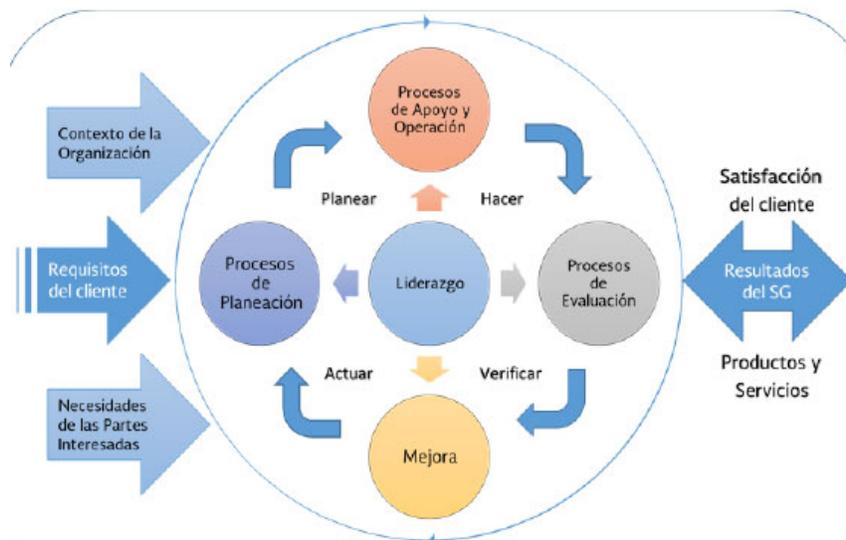


Fig. 1 Sistema de Gestión (I.T.C., 2017)

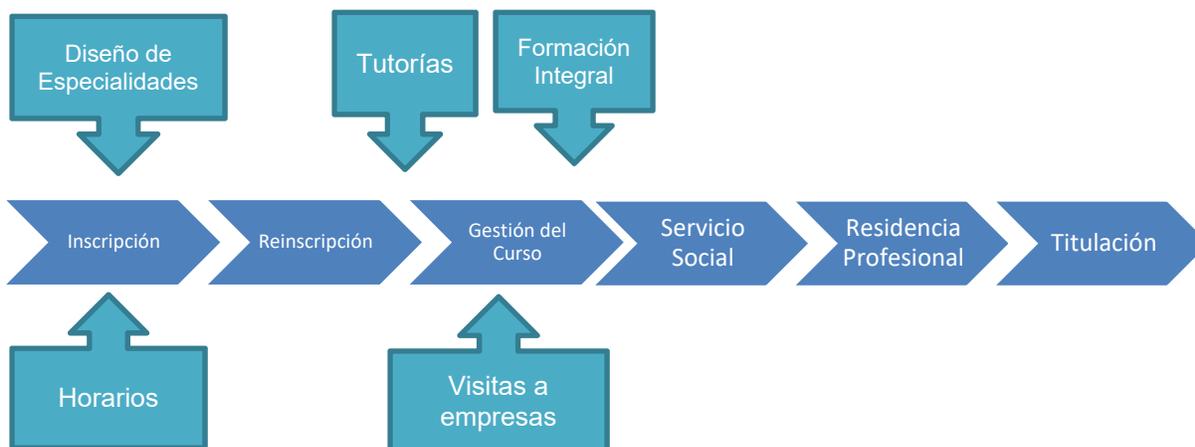
Como se puede apreciar en la fig. 1 el Sistema de Gestión Integral es una cadena basada en el contexto de la organización, los requisitos del cliente (el estudiante) y las necesidades de las Partes Interesadas (Personal del ITC, Dirección General del TecNM, Sociedad Civil, Sector Empresarial, Padres de Familia, Egresados y Proveedores)

A su vez el Sistema se integra de diversos procesos que permiten el desarrollo de sus actividades, a continuación se presentan dichos procesos (Fig. 2).

**Procesos de Planeación**



**Procesos de Apoyo y Operación**





### Procesos de Evaluación



**Fig. 2** Sistema de Gestión (I.T.C., 2017)

Como parte de los Procesos de Evaluación se encuentra la Auditoría de Servicio, tema principal del presente artículo y que es parte fundamental para el análisis del desarrollo de actividades de los principales departamentos de la Institución. A sabiendas de estos resultados se puede tener más claro las áreas de oportunidad; con lo que al aplicarse se logre la satisfacción del cliente.

### Resultados y Discusión

La metodología utilizada para la realización del presente trabajo de investigación atendió las recomendaciones de Hernández Sampieri (2006) y se fue transformando conforme el desarrollo del trabajo.

Se realizó una consulta en la que se recibieron 1,421 respuestas de estudiantes de todas las carreras, mismas que corresponden al 51.61% de la población estudiantil en el periodo Agosto-Diciembre 2018.

De los encuestados;

334 encuestas que corresponden al 48% de la matrícula de Ing. Industrial.

292 que corresponde al 54.9% de la matrícula de Ing. Mecatrónica.

287 que corresponde al 54.1% de la matrícula de Ing. Gestión Empresarial

326 lo que representa el 53.5% de la matrícula de Ing. Sistemas Computacionales.

84 lo que corresponde al 43.7% de la matrícula de Contador Público

82 lo que corresponde al 44.5% de la matrícula de Ing. Electrónica

En lo que respecta a los diferentes procesos, la encuesta de servicios reveló lo siguiente:

#### Centro de Cómputo

El 49.58 % de los estudiantes considera que este departamento cuenta con el equipo y software apropiado, pero la encuesta también reveló una deficiencia en la conectividad y velocidad del internet de las diferentes áreas de la institución.

## **Centro de Información**

El 84% de los estudiantes considera que el servicio de préstamo de material bibliográfico, tanto interno como externo, es bueno, así como la constante renovación de ejemplares.

## **Tutorías**

Respecto a este programa, el 66 % de estudiantes de las diferentes carreras considera que les ha resultado de gran apoyo, aún y cuando es necesario mejorar en algunos aspectos. De la misma manera se encuentran de acuerdo con los horarios de atención.

## **Asesorías**

Más del 70% de estudiantes de las diferentes carreras califica el servicio de Asesorías prestadas por los docentes como útiles para su desempeño escolar, así como están de acuerdo con los horarios de atención.

## **Servicios Escolares**

Más del 78% de los estudiantes califica como muy buena la atención que les brinda este departamento.

## **Servicio Médico**

El 83 % de los estudiantes de la institución ha hecho uso en alguna ocasión de este servicio y el 78 % califica la atención brindada por este departamento como adecuada.

## **Becas**

El 59% de la matrícula estudiantil cuenta o ha contado con algún tipo de beca y el 63 % califica la atención que se le brinda al realizar algún trámite de beca como buena.

## **Bolsa de Trabajo**

De los 598 estudiantes que tienen conocimiento de que el plantel ofrece este tipo de servicio más del 77% califica la atención brindada por el personal a cargo de dicha actividad como muy buena.

## **Titulación**

El 50% de los estudiantes considera que existe información suficiente y adecuada sobre los trámites de titulación y la atención del personal de los departamentos involucrados en este proceso es buena.

## **Servicio Social**

El 67% de los estudiantes considera que el apoyo al realizar los trámites de servicio social es el adecuado.

## Formación Integral

803 estudiantes (57.2 %) ha participado en algún tipo de actividades de formación integral como conferencias y/o talleres y el 91 % considera que han sido de utilidad para su formación.

## Recursos Financieros

El 74% de los estudiantes califica la atención brindada al realizar algún tipo de trámite en este departamento como buena.

## Conclusiones

Se considera que dentro del Instituto Tecnológico de Cuautla, el servicio de apoyo que se ofrece a los estudiantes es bueno, con ciertas oportunidades de mejora que ayudarían a una adecuada implementación de la norma ISO 9001:2015 con respecto a la prestación de los servicios educativos.

Dentro de las oportunidades de mejora propuestas podemos mencionar:

- En cuanto al Centro de Cómputo se recomienda mejorar la velocidad de conectividad de internet.
- En general, ofrecer una mayor Difusión a los servicios que se ofrecen en todas las áreas.
- Realizar un muestreo de los esquemas de los procesos para una mayor identificación de los mismos, así como la aplicación de la Metodología Lean como reforzamiento en todas las áreas.
- Elevar el nivel de prestación de los servicios de atención a Clientes, realizando cursos y /o talleres con el personal que se encuentre en las ventanillas de atención.
- Integrar a la encuesta de servicio la evaluación con respecto al departamento de mantenimiento, con el fin de poder valorar la perspectiva que tienen nuestros alumnos.
- Incrementar el uso de las tecnologías de información y comunicación en los diferentes departamentos con la finalidad de agilizar los procesos.

Estas propuestas se someterán a la consideración de la dirección y subdirecciones correspondientes.

## Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Cuautla por brindarnos la oportunidad de realizar la investigación dentro de sus instalaciones, así como a la Dra. Ana Alday Chávez directora del I.T. Cuautla, por impulsarnos en este nuevo ámbito.

## Referencias

1. Aguirre, R. (2014). Mejora Continua. Ciudad Victoria, Tamaulipas.
2. Hernández Sampieri, R. (2006). Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill.
3. I.T.C. (2017). Sistema de Gestión Integral del Instituto Tecnológico de Cuautla. Cuautla, Morelos.

4. ISO, S. C. (2015). ISO 9001. Ginebra, Suiza.
5. ITC. (2015). Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013 - 2018 del Instituto Tecnológico de Cuautla. Cuautla, Morelos.