



Revista Bianaual

2021-2022

Año 3 Num. 3

ISSN No. 2594-0465



# Congreso Internacional en Tecnología Innovación y Docencia

> 2021

Difusión vía red de cómputo



Congreso Internacional en Tecnología, Innovación y Docencia (CITID), Año 3, Número 3, 2021-2022 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 2021.

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

*"En el fondo, los científicos somos gente con suerte: podemos jugar a lo que queramos durante toda la vida"*

*Lee Smolin (1955 -?) Físico teórico y cosmólogo.*

Como 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 2021), en esta ocasión de manera virtual derivado de la pandemia de SARS-CoV-2, la cual ataca no solo a México, sino al mundo entero, en dicho evento 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 y obras civiles (IC)  
Aplicaciones en entornos web y móvil (ISC)  
Tecnologías para grandes bases de datos (ISC)  
Materiales poliméricos (IQ)  
Materiales y nanomateriales poliméricos (MC)  
Bioprocesos (MC)  
Ciencia y tecnología de alimentos (IBQ)  
Tecnología ambiental (IQ)  
Procesos químicos y bioquímicos (IQ-IBQ)  
Enseñanza de las ciencias básicas (CB)  
Estadística y toma de decisiones (CB)  
Retos y perspectivas en la aplicación de las ciencias básicas (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

MC. Manuel Jesús Granados Baeza

MC. Lizeth Ruiz Macías

MC. José Efraín Ruiz Ramírez

Ing. Felipe Sánchez Sánchez

Ing. Jesús Recillas Román

Lic. Israel Estrada Lozano

MTI. Martha Esmeralda Coronel Lemus

Dra. Zully Vargas Galarza

Dr. Alfredo Olarte Paredes

Dr. René Salgado Delgado

Dr. Francisco Javier Hernández  
Campos

Dr. Alfredo Quinto Hernández

Dr. Juan Pablo Pérez Orozco

MC. Erica Griselda Carrillo González

Dra. Claudia Barreto Cabrera

M.A. Victoria Yazmín Atala Campos

MC. Jacqueline Zuñiga Díaz

Lic. Roberto Yañez Hernández

MC. Rosember Ovando Castelar

MC. Armando Zarate Sánchez

MI. Homero Alonso Jiménez

Ing. Alma Lilly Nava Sedano

Dr. Oscar Sarmiento Martínez

Dr. Francisco Javier Cartujano Escobar    Ing. Héctor Gil Olivares Montes de Oca



# ÍNDICE

## **IBQ-00 CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

<i>IBQ-01</i>	CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y VISCOELÁSTICA DE HARINA DE SEMILLA DE RAMÓN ( <i>Brosimum alicastrum</i> ). I. Elizondo-De La Fuente, M. D. García-Parra, J. Jiménez-Hernández, E. Gastelum-Martínez, M. O. Ramírez-Sucre.	1
<i>IBQ-02</i>	FUENTES ALTERNATIVAS PARA LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO L. Ocampo-García, E. García Márquez, J.F. Vélez-Ruiz, M. O. Ramírez-Sucre y E. Gastelum-Martínez.	9

## **IQ-00 TECNOLOGÍA AMBIENTAL, PROCESOS QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS**

<i>IQ-03</i>	EVALUACIÓN DE UN REACTOR UASB COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UNIVERSITARIAS A. Castro-Sierra, C. A. Sosa-Villalobos, E. Houbron, E. Rustrián-Portilla, I. Galaviz-Villa	17
<i>IQ-04</i>	IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ESPECIES INVASORAS CON ESTABLECIMIENTO LOCAL. ESTUDIO DE CASO DE LA LAGARTIJA CUBANA <i>Anolis sagrei</i> EN EL SURESTE DE TAMAULIPAS J. Perez-González, A. L. Avilés-Mariño, A. E. Vite-Ramírez, E. C. Maya-Albarrán, y R. E. Martínez-Grimaldo	23
<i>IQ-05</i>	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE BIOREMOCIÓN DEL COLORANTE ROJO DE METILO CON BIOMASA LIBRE E INMOVILIZADA L. I. Puente-Luna, I. Castro-González, M. E. Alemán-Huerta, K. Arévalo-Niño, V. Almaguer-Cantú	31

## **MC-00 MATERIALES Y NANOMATERIALES POLÍMERICOS, BIOPROCESOS**

<i>MC-01</i>	SINTESIS DE COPOLÍMEROS DE BLOQUE PS-B-MMA MEDIANTE SONOQUÍMICA G. Cedillo-Valverde, R. Salgado-Delgado, A. M. Salgado-Delgado y A. Olarte-Paredes, S. López-Morales	38
<i>MC-03</i>	EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA FIBRA DE COCO PARA SU UTILIZACIÓN COMO REFUERZO DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE CEMENTO I.L. Hernández-Solís, Z. Vargas-Galarza, E. García-Hernández, W.N. Hernández-Díaz, R.C. Cárdenas-Valdez,	46
<i>MC-04</i>	DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTE AVÍCOLA EN UN REACTOR DE LECHO FIJO B. Beristain-López, C. A. Sosa-Villalobos, S. Partida-Sedas, I. Galaviz-Villa y I. D. Pérez-Landa	54
<i>MC-05</i>	OBTENCIÓN DE BIOMEMBRANAS POLIMÉRICAS A BASE DE PCL/GELATINA POR ELECTROHILADO COAXIAL D.L. Castillo-Sánchez, A. M. Salgado-Delgado, A. Olarte-Paredes, E. García-Hernández y A. Álvarez-Castillo	61

MC-06	EFFECTO DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN LA CRISTALINIDAD DE BIOPOLÍMEROS BACTERIANOS DE TIPO POLIHIDROXIBUTIRATO (PHB) R. E. Martínez-Herrera, B.A. Castillo-Cazares, I. Quintero-Zapata, V. Almaguer-Cantú y M. E. Alemán-Huerta	68
MC-07	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROXIAPATITA A PARTIR DE CÁSCARA DE HUEVO DE GALLINA PARA APLICACIONES EN PROTESIS METÁLICAS E. R. Muñoz-Sánchez, C. D. Arrieta-González, J. Porcayo-Calderon y A. Quinto-Hernández	74
MC-08	“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE NOPAL (OPUNTIA FICUS INDICA) Y ALMIDÓN DE SORGO (SORGHUM SACCHARORATUM).” B.E. Sotelo-Fuentes, E. García-Hernández, Z. Vargas-Galarza, C.D. Arrieta-González y A. Olarte-Paredes.	81
MC-09	OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO CERÁMICO EN UN SUSTRATO DE POLIAMIDA (NYLAMID) MEDIANTE EL MÉTODO DE COLD SPRAY B.A. del Valle-Soberanes, A. Olarte-Paredes, R. Salgado-Delgado, E. García-Hernández, E.J. Moreno-Carpintero.	89
MC-10	“EVALUACION DE UN ADITIVO OXO-DEGRADABLE EXPUESTO A PROCESOS TERMICOS Y AL INTEMPERIE EN PET” M. E. Ocampo Millán, Z. Vargas Galarza, E. García Hernández, A. Olarte Paredes, R. Salgado Delgado.	96
MC-11	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESPUMAS DE ALMIDÓN/BAGAZO DE CAÑA EMPLEANDO PVA/TRIMETOXISILANO EN CONDICIONES DE SECADO AL VACÍO L. Cajero-Sotelo, A.M. Salgado-Delgado, A. Olarte-Paredes, A. Vargas-Torres, R. Salgado-Delgado	104
MC-12	EFFECTO DEL TIPO DE MEMBRANA EN LA EFICIENCIA DE LA ULTRAFILTRACIÓN TANGENCIAL DEL JUGO DE TIMBIRICHE (B. hemisphaerica) C. Jiménez-Rebollar, F. J. Hernández-Campos, E. J. Olivares, W.N. Hernández-Díaz, Z. Vargas-Galarza	111

## **ISC-00 APLICACIONES EN ENTORNOS WEB Y MÓVIL, TECNOLOGÍAS PARA GRANDES BASES DE DATOS**

ISC-02	APLICACIÓN MOVIL WEB MEDIANTE AppInventor 2 PARA EVALUACION DE ESTUDIANTES DEL ITZ. J. Á. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, M.H. Tiburcio-Zúñiga, S. Espinoza-Salgado. M. Ciprian-Rosario.	118
ISC-03	SISTEMA EN LÍNEA PARA LA GESTIÓN DE ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS (SIGUE) J. J. Saldívar-Trujillo, J. Alba-Hernández, M. A. Cerdán y J. G. Reyes-Hernández	126
ISC-05	SISTEMA ON-LINE PARA GESTIÓN DEL TRABAJO COLABORATIVO EN CUERPOS ACADÉMICOS, VALIDADO POR PRUEBAS BASADAS EN ESTADOS M. A. Cerdán, M. P. Ralero-de-la-Mora, A. Rodríguez-Fuentes	134
ISC-06	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ASISTENTE VIRTUAL (CHATBOT), PARA ATENCIÓN DE ALUMNOS DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS IGUALA EN LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES F. Ham-Salgado, E. Román-Chávez, A. Dionicio-Abraján, D. L. Castro-Villamil.	143

ISC-08	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN COMO AMBIENTE VIRTUAL DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS, BASADO EN LA TRANSVERSALIDAD CON LA INFORMÁTICA EN EDUCACIÓN PRIMARIA G. A. Nochebuena-Reyes, G. Castillo-Quiroz, M. Cruz-Luna, J. Torres-Jiménez	150
ISC-09	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN AMBIENTE VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE LAS MATERIAS DE GEOGRAFÍA E HISTORIA EN ESCUELAS DE PRIMARIA ALTA URBANA M. Mejía-Marcial, G. Castillo-Quiroz, C. J. Sampayo-Rodríguez, A. Hernández-Luna	157
ISC-11	USO DE UN SIMULADOR DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS SOBRE LA PLATAFORMA DE UBUNTU S. Espinoza Salgado, N. J. Ontiveros Hernández, J. A. Peña Ramírez, M.H. Tiburcio Zúñiga.	166
ISC-12	DISEÑO NAVEGACIONAL DE UNA APLICACIÓN DE COMPRAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO WEB OOHDM Ing. Mauricio Díaz Cabrera, MTI. Rafael Hernández Reyna, Dra. Mercedes Hernández de la Cruz, Dra. Miriam Martínez Arroyo	171

## IC-00 ESTRUCTURAS Y OBRAS CIVILES

IC-01	DEFLECTORES, ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA MITIGACIÓN DE OVERTOPPING EN ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN EN PUERTOS J. M. Ramírez-Cuevas, J. E. Flores-Álvarez	182
IC-02	REHABILITACIÓN DEL CUERPO Y MORRO DE LA ESCOLLERA LADO COATZACOALCOS DEL PUERTO DE COATZACOALCOS, VERACRUZ J. M. Ramírez-Cuevas, E. Arizmendi-Arellano	190
IC-03	CONSTRUCCIÓN DEL SANTUARIO DEL SEÑOR DE TULA K.G. Fano-Guerrero, S. Adame-Pérez, F. Sánchez-Sánchez, C. Bustos-Mejía, E.G. Carrillo-González	198
IC-04	PROYECTO EJECUTIVO DEL DISEÑO DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE V. H. Guerrero-Torres, J. M. Ramírez-Cuevas, J. Zavala-Paredes, J. A. Santana-Camilo	206
IC-05	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA COLONIA MORELOS, JIUTEPEC, MORELOS F.I. González-Pineda, D. Brito-Montiel, M. Ortiz-Gómez, E.G. Carrillo-González, F.Sánchez-Sánchez	214

## IEM-00 SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

IEM-01	DESARROLLO DE SOFTWARE DE CONTROL UTILIZANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL Y DEEP LEARNING PARA MARCADO DE ENCUARTE A. Carrasco Aráoz; L.M. García Martínez	222
IEM-02	CARACTERIZACIÓN DE TEMPERATURA EN METALES MEDIANTE PATRONES SPECKLE Oscar Sarmiento Martínez, Varga Vega Minerva Guadalupe, Herrera Romero Víctor Arturo	230
IEM-03	APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS EN INSTALACIONES ACUÁTICAS B. Pamela Santana-R, Rosember Ovando-C. J. Efraín Ruiz-R. y J. Alfonso Santana-C	236

<i>IEM-04</i>	DESARROLLO DE UN BRAZO ROBOT DE 6 GRADOS DE LIBERTAD PARA EXPLORACIÓN MÉDICA POR TERMOGRAFÍA INFRARROJA 2D Juan Reyes-Luévano, J. Ascención Guerrero-Viramontes, M. Funes-Gallanzi	244
<i>IEM-05</i>	DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS QUE TRANSPORTAN VAPOR SATURADO R. Ovando Castelar, O. C. Benítez Centeno, M. G. Vargas Vega, A. I. Leonardo Barrera y A. Galván Salgado	252
<i>IEM-06</i>	EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN TECHO VENTILADO PARA UNA CIUDAD CON CLIMA CÁLIDO SECO T. Lima-Téllez, J.F. Hinojosa, J. Xamán, I. Hernández-López	260
<i>IEM-07</i>	ESTUDIO DINÁMICO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO PASIVO DE MURO TROMBE CONSIDERANDO DISTINTOS MATERIALES DE ALMACENAMIENTO E. Vázquez-Beltrán, I. Hernández-López, A. Piña-Ortíz	268
<i>IEM-08</i>	MODELO HIDRÁULICO DE UN GENERADOR DE OLAS O. C. Benítez-Centeno, H. J. Flores-Castro, R. Ovando-Castelar, M.G. Vargas-Vega, G. Zetina-Domínguez	276
<i>IEM-09</i>	CARACTERIZACION DE MICROBALANZAS DE CUARZO UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA DE IMPEDANCIA F. N. Murrieta-Rico, L. Lindner, V. Petranovskii, D. Galván, J. Antúnez-García	282
<i>IEM-10</i>	APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL IT DE ZACATEPEC J.G. Ayala Rangel, M.A. Chagolla-Gaona	288
<i>IEM-11</i>	COMPARACIÓN DE LA CARGA COMPUTACIONAL DE VARIANTES DEL MÉTODO DE NEWTON-RAPHSON PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE FLUJO DE POTENCIA J. D. Mina-Antonio y A.C. Pérez-Flores	296

## **IIN-00 MANUFACTURA ESBELTA Y CALIDAD**

<i>IIN-03</i>	EL USO DE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE AGUA. D. Terán-Castro, L. A. Medina-Juarez y O. Román-Rosales	304
<i>IIN-04</i>	ACTUALIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN MOVIL PROTOTIPO "EASYMATH" VINCULADA CON GOOGLE DOCS PARA LA INTERCONEXIÓN DE ARCHIVOS L. A. Bautista-Padilla, H. Alonso-Jiménez, V. Y. Atala-Campos y N. A. Mariaca-Cárdenas	311
<i>IIN-05</i>	PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MUEBLES EN UNA EMPRESA DE EBANISTERÍA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PDCA L. A. Bautista-Padilla, H. Alonso-Jiménez, V. Y. Atala-Campos y N. A. Mariaca-Cárdenas	320
<i>IIN-08</i>	ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE MERMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TAPA METÁLICA MODELO TWIST OFF EN UNA EMPRESA DEL RAMO METAL-MECÁNICO EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO. N. Domínguez-Reyes, R.C. Cárdenas-Valdez, E. Villegas-Ocampo, A. Jiménez Luciano. J. Recillas-Román.	328
<i>IIN-10</i>	ESTRATEGIA DE CLASIFICACION DE INVENTARIOS PARA LA REDUCCIÓN DEL INVENTARIO OBSOLETO P. I. Sáenz-Sotelo, L. Sánchez-Herrera, A. K. Aguilera y M.A. Sánchez-Herrera	335

IIN-11	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL MOBILIARIO ESCOLAR PARA ESTUDIANTES EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR A. K. Nicanor-Roa, C. Barreto-Cabrera, V. Gama-Nájera, A. Jiménez-Luciano, F.A. Coronel-García	342
IIN-14	SISTEMA DE CONFORMADO SEMIAUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE MONTADO DE CALZADO. J. C. De la cruz Lara, S. Espinoza Salgado, N. J. Ontiveros Hernández, J. A. Peña Ramírez, M.H. Tiburcio Zúñiga.	350

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

IA-01	ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN PUESTO Y PERFIL DE LOS EGRESADOS DEL PLAN DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN R. Velazquez-Vazquez, M.S. Contreras-Ochoa, B.S. López-Medina	357
IA-02	DIFUSIÓN DE LA PRODUCCIÓN ACADÉMICA CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN UNA IES, COMO ESTRATEGIA PARA INCREMENTAR LA PARTICIPACIÓN DE ALUMNAS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN K.A. Jiménez-Martínez <sup>1</sup> , K. Calcáneo-Flores, J.L. Cordero-Rivera, J. De Los Santos-Mijangos, B.R. Zamudio-Rodríguez	364
IA-03	EVALUACIÓN DEL TRABAJO EN EQUIPO EN EMPRESAS DE CIUDAD CARDEL, VERACRUZ D. Melgarejo-Galindo, L. Melgarejo-Galindo, J. Müller-Tejeda, R. J. Castro-Lara, J. Méndez-Montejo	371
IA-04	ESTUDIOS SOBRE LAS TENDENCIAS MUNDIALES DE LAS PROFESIONES Y EL CASO DE MEXICO R. Yáñez Hdez, I. Gutiérrez Ochoa, C. Domínguez Quezada, M.A. Román H., B.E, Gutiérrez M.	379

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

IGE-01	RECEPCIÓN PROFESIONAL EN LÍNEA, LOGRO, NECESIDAD Y ADAPTACIÓN. J. A. Santana-Camilo, M. I. Vásquez-Ocampo, J. M. Ramírez-Cuevas, E. Mazón-Gama, V. García-Navarro	385
IGE-02	SISTEMA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE VENTAS F. Flores -Villalobos, B.L. Orduña -Tenorio, J.M. Valle - Morales y P.R. Ortiz - Ramírez	393
IGE-03	ALTERNATIVA PARA AVANZAR O REGULARIZAR EL PROGRESO EDUCATIVO DE LOS ESTUDIANTES... CURSO DE VERANO IT ZACATEPEC. J. A. Santana-Camilo, J. M. Ramírez-Cuevas, L. E. Rueda-Mata, E. López-Chávez, E. Rodríguez-Zavaleta	399
IGE-04	LECCIONES DEL MODELO DE EDUCACIÓN DUAL PARA EL DISEÑO DE LA ESPECIALIDAD DE LA INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL: EL CASO DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA "ACHTLI". D.M. Diaz-Duarte, R. Yáñez-Hernández y J.C. Ortega-Millán	407
IGE-05	PLATAFORMA EDUCATIVA DIGITAL COMO ALTERNATIVA PARA LA EDUCACIÓN EN LINEA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN R.J. Castro-Lara, V.E. Higareda-Arano, D. Melgarejo-Galindo, L. Melgarejo-Galindo, A.E. Rivera-Meza	414
IGE-07	CULTURA AMBIENTAL EN LAS EMPRESAS DEL MUNICIPIO DE ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ.	421



	L. Melgarejo-Galindo, R. J. Castro-Lara, D. Melgarejo-Galindo, B. F. Leal-Enriquez y V. E. Higareda Arano	
IGE-09	PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES PARA LA APERTURA DE NEGOCIOS COMERCIALES EN TIEMPOS DE CONTINGENCIA E. De la Cruz-Nicolás, O. A. Pliego-Martínez, A. Gómez-Cárdenas, C.M. Romano-Acevedo	429
IGE-10	CÓDIGOS DE ÉTICA Y CONDUCTA GENERADORES DE CONFIANZA EN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA MUNICIPAL T. Reyes-Zepeda y M. L. Acosta-Miranda	437
IGE-11	PERCEPCIÓN ESTUDIANTIL EN LA CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA SOBRE EL ENFOQUE DE AULA INVERTIDA EN LA ASIGNATURA DE ADMINISTRACIÓN Y LEGISLACIÓN DE EMPRESAS B. R. Zamudio-Rodríguez, C. Martínez-Rudécino, N.D. Ricaño-Azamar, K. A. Jiménez Martínez, A. I. Hernández Jacobo.	445
IGE-13	VERANO 2020 TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC, LA RESILIENCIA EN MEDIO DE LA PANDEMIA POR COVID-19 J. Alfonso Santana C., Viridiana García N., J. Miguel Ramírez C., Enriqueta Mazon G., Brenda S. López M.	452
IGE-14	CASO DE APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA SISTÉMICA EN UN PROYECTO DE RESIDENCIA C. M. Ambriz-Zavaleta, E. A. Delgadillo-Calderón, A. Bahena-Díaz, V.Y. Atala-Campos	460

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

CB-01	MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN LA EDUCACIÓN FORMAL Erik López-García, Judith Zubieta-García, Eduardo Salinas-Hernández, Marianela Monreal-Torres, Martha Laura Ortiz-Domínguez	468
CB-02	DETECTAR EL MEJOR ESTILO DE APRENDIZAJE PARA LAS MATEMÁTICAS Erik López-García, Jesús Recillas-Roman, Mateo Cortez-Rodriguez, Arturo Méndez-Maldonado, Jesús Manzo-Espín	474
CB-03	ANÁLISIS PEDAGÓGICO DE LA CARENCIAS DE HABILIDADES DE LOS ESTUDIANTES DE SISTEMAS COMPUTACIONALES. A.C. Campos-Hernández, C. G. Bustillos-Gaytán	482
CB-04	ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA, DEL ITZ. D. Ochoa-Vásquez, F. Espín-González, L. E. Rueda-Mata y E. López-Durán	489
CB-05	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE UN SISTEMA TARIFARIO DE AGUA POTABLE V. Gama Nájera, V. Y. Atala Campos, G. Gómez Ortiz, L. E. Marín Vaca, R. E. Nuñez Gómez	497
CB-06	LA RESILIENCIA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS AMBIENTALES EN ÉPOCA DE PANDEMIA G. Olmedo-Obrero, R. E. Martínez-Grimaldo, C. Serna-Abascal, E. D. Romo-Bolio y M. González-Fernández	505
CB-07	RELACIÓN DE LOS GRADOS DE MARGINACIÓN Y LOS RESULTADOS POR NIVEL DE LOGRO DE LA PRUEBA PLANA EN EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN MÉXICO. Miguel Alejandro Muñoz-López, Lizeth Baroza-Sánchez	512

CB-08	TEORIA DE LA ACTIVIDAD, PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE LAS CIENCIAS EN INGENIERÍA. D. Ochoa-Vásquez, F. Espín-González, L. E. Rueda-Mata, C. R. Moncada- Andino y E. López-Durán	520
CB-09	LIBRERÍAS PARA GENERADORES DE NÚMEROS PSEUDOALEATORIOS O. A. Pliego-Martínez, E. De la Cruz-Nicolás, A. Gómez-Cárdenas y C. M. Romano-Acevedo	526
CB-11	EL EJERCICIO DE LIDERAZGO DOCENTE EN EL ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS: EL CASO DE UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO. J. Recillas-Román, M. Domínguez-Gutiérrez y D.H. Muñoz-Hernández	534
CB-12	APLICACIÓN DE LA SEGUNDA LEY DE NEWTON EN UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN DE BICICLETAS R.N. Alvarado-Patricio	540

## CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y VISCOELÁSTICA DE HARINA DE SEMILLA DE RAMÓN (*Brosimum alicastrum*).

I. Elizondo-De La Fuente<sup>1</sup>, M. D. García-Parra<sup>2</sup>, J. Jimenez-Hernández<sup>3</sup>, E. Gastelum-Martínez<sup>1</sup>,  
**M. O. Ramírez-Sucre<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Sede Sureste. Parque Científico Tecnológico de Yucatán km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto s/n C.P. 97302 Mérida, Yucatán, México. Tel.: +52 999 920 2671.

([iselizondo\\_al@ciatej.edu.mx](mailto:iselizondo_al@ciatej.edu.mx), [egastelum@ciatej.mx](mailto:egastelum@ciatej.mx), [oramirez@ciatej.mx](mailto:oramirez@ciatej.mx))

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Sede Zapopan. Camino Arenero 1227, El Bajío, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México. Tel.: +52 3333455200.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria Sur, Col. La Haciendita, C.P. 39090 Chilpancingo, Guerrero, México.

**Área de participación:** IBQ Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Resumen:** La situación ambiental actual nos lleva a buscar alternativas agroalimentarias con propiedades tecnológicas relevantes. La harina de la semilla de ramón contiene un porcentaje de amilopectina similar al almidón de maíz (74.6 % y 72.6 %, respectivamente) lo que le confiere una alta capacidad de gelificación y lo perfila como un producto con un gran potencial para ser utilizado en la industria alimentaria. En esta investigación se determinó el comportamiento reológico (viscosidad) y viscoelástico (módulos de almacenamiento y de pérdida) de harina de semilla de ramón hidratada (proporción harina de ramón:agua de 3:5 y 3:6) en un reómetro modular. La viscosidad disminuyó en las muestras al incrementar la velocidad de deformación con curvas bien ajustadas al modelo Carreau-Yasuda ( $R^2=0.997$ ), con una viscosidad inicial y constante de relajación de tiempo mayores en 3:5 ( $\eta_0=11167.0$  Pa s,  $\lambda=87.4$  s). Esta muestra presentó los valores más altos de módulos de almacenamiento y pérdida (8033.2 y 1227.3 Pa, respectivamente). La tangente de pérdida presentó pequeños cambios ( $\tan \delta_{3:5}=0.153$  y  $\tan \delta_{3:6}=0.208$ ) pero estadísticamente significativos. Así mismo, se presentó un intervalo de temperatura de gelificación de la harina de semilla de ramón de 80.5-89 °C. Lo anterior servirá como referencia para futuras investigaciones, con el fin de utilizar la harina de ramón con potencial de sustitución de almidones en la industria de los alimentos.

### Introducción.

La creciente explotación de recursos naturales y el cambio climático de los últimos años amenazan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios actuales<sup>1</sup>. Debido a esto, es importante el aprovechamiento de sistemas agroforestales, mediante el aprovechamiento de árboles frutales, de los que se pueda obtener productos alimentarios respetando el principio de sostenibilidad. El árbol de ramón (*Brosimum alicastrum*) es uno de los árboles tropicales dominantes de las selvas de la península de Yucatán<sup>2</sup> y se encuentra en la lista de especies subexplotadas con un potencial significativo de acuerdo con la Academia Nacional de Ciencias desde 1975 ya que tiene una alta producción de semilla, con un promedio de 95.5 kg por año<sup>3</sup>. La harina de semilla de ramón tiene un porcentaje de a) proteína del 11 %, b) grasas 1.5 % y c) carbohidratos 70 %, además, exhibe un alto contenido de fibra y micronutrientes<sup>4,5</sup>. Del contenido de carbohidratos que posee, 63 % es almidón<sup>6</sup>, lo que lo perfila como un ingrediente/alimento de uso tecnológico. En un estudio comparativo del almidón de la semilla de ramón con el almidón de maíz, se encontró que ambos contienen un porcentaje de amilopectina similar, sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos (74.6 % y 72.6 % respectivamente)<sup>6</sup>; las propiedades funcionales y reológicas de los almidones dependen en gran medida de la relación amilosa/amilopectina,

biopolímeros de diferente estructura molecular que constituyen casi la totalidad del gránulo<sup>7</sup>. En este sentido, la semilla del árbol ramón representa una potencial alternativa del uso del almidón en la industria alimenticia<sup>8</sup>.

Por otro lado, la comprensión de las propiedades reológicas de un alimento es fundamental en la investigación y desarrollo de nuevos productos. Una de las principales propiedades tecnológicas del almidón es su comportamiento reológico debido a su alta capacidad de gelificación. En un estudio realizado por Bello-Pérez (2002) se encontró que masas nixtamalizadas de harina de maíz rehidratadas (humedad de 85-90 %) presentaron un comportamiento no newtoniano con pseudoplasticidad siendo sensibles a la velocidad de deformación<sup>9</sup>. En otro estudio, masas elaboradas con harina de maíz (relación 1:3 harina de maíz y agua) exhibieron propiedades viscoelásticas de sistemas semisólidos cuyo módulo de almacenamiento ( $G'$ ) fue mayor al módulo de pérdida ( $G''$ ) disminuyendo ambos con el incremento del contenido de agua<sup>10</sup>; además, al ser un producto que contiene almidón, su viscosidad aumentó al incrementar la temperatura debido a su proceso de gelificación<sup>11</sup>.

Debido a lo anterior el objetivo de este trabajo de investigación fue estudiar el comportamiento de harina de semillas de ramón mediante su caracterización reológica y viscoelástica para su posible uso como sustituto potencial del almidón en la industria de los alimentos.

## **Sección Experimental.**

### *Preparación de muestras*

La harina de semillas de ramón, (humedad 8.7 %, ceniza 3.53 %, fibra cruda 5 %, proteína 11.9 %, lípidos 1.8 % y carbohidratos 68.9 %)<sup>12</sup> fue adquirida en una empresa local en Mérida, Yucatán. Las muestras fueron elaboradas con harina de semillas de ramón y agua a distintas proporciones (3:5, 3:6) quedando una consistencia tipo pasta. La homogenización se llevó a cabo mecánicamente por 5 minutos a 25 °C. Las determinaciones analíticas se condujeron en las muestras recién elaboradas.

### *Determinaciones reológicas y viscoelásticas*

Los parámetros reológicos de la harina de semillas de ramón se evaluaron de acuerdo con la metodología descrita por Ramírez-Sucre y Baigts-Allende (2016)<sup>13</sup> en un reómetro de esfuerzo controlado (TA Instruments, DHR<sub>2</sub>; EE.UU.) y con la geometría de plato paralelo (40 mm de diámetro) con un espacio de abertura de 1050 mm. Las muestras se dejaron reposar previamente por 5 minutos a la temperatura de análisis (25 °C).

El flujo se evaluó mediante curvas de viscosidad frente a velocidad de deformación (rampas de 0.2 a 200 s<sup>-1</sup>). Los datos experimentales se ajustaron a la expresión matemática de Carreau-Yasuda<sup>14</sup>, la cual describe el comportamiento pseudoplástico de polímeros adaptándose a un intervalo amplio de velocidades de deformación (ecuación 1). La determinación del mejor ajuste del modelo a los datos experimentales se llevó a cabo mediante el programa del equipo (Trios 3.2.0 3877, Discovery HR2, TA instrument).

$$\eta = (\eta_0 - \eta_\infty)[1 + (\lambda \cdot \dot{\gamma})^\alpha]^{\frac{n-1}{\alpha}} + \eta_\infty \quad (1)$$

Donde  $\eta_0$  es la viscosidad cero,  $\eta_\infty$  es la viscosidad infinita,  $\lambda$  es una constante de la relajación de tiempo, la cual define la ubicación de la transición del comportamiento reo-espesante o reo-fluidificante y donde  $1/\lambda$  es la velocidad de deformación crítica en el cual la viscosidad comienza a disminuir;  $n$  es un índice de flujo que se modifica con cada fluido;  $(n - 1)$  es la pendiente de la caída potencial de la viscosidad. El parámetro  $\alpha$  es el índice de transición o constante de Yasuda que describe la región de transición entre  $\eta_0$  y la caída potencial de la viscosidad.

Las propiedades viscoelásticas se evaluaron en la región viscoelástica lineal determinada por ensayos de amplitud de deformación (0.01-100 %) a una frecuencia de 0.1 rad s<sup>-1</sup> (datos no mostrados). Los espectros mecánicos de frecuencia se obtuvieron del análisis del módulo elástico ( $G'$ ) y el módulo viscoso ( $G''$ ) mediante ensayos de barridos de frecuencia angular (0.1-10<sup>3</sup> rad s<sup>-1</sup>) a deformación constante de 0.5 % (25 °C).

Por otro lado, se realizaron barridos de temperatura en las muestras, llevándolas de 25 °C a 100 °C (a razón de 5 °C/min) a una velocidad de deformación constante (10<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), con el fin de estudiar el comportamiento de la gelificación de la harina de ramón.

#### *Análisis estadístico de los resultados*

Los resultados de las propiedades reológicas modelizadas ( $\eta_0$ ,  $\eta_\infty$ ,  $\lambda$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ), así como la viscoelasticidad (valores de los módulos de almacenamiento  $G'$ , y de pérdida,  $G''$  y su relación,  $\tan \delta$ ) a 1Hz (6.28 rad/s) se analizaron mediante análisis de varianza ANOVA, las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) mediante el uso del programa estadístico Statgraphics Centurion XVI. I. versión 16.1.17 (StatPoint Technologies, 2011).

## **Resultados y Discusión.**

### *Propiedades de flujo*

Las muestras (ramón:agua de 3:5 y 3:6) presentaron comportamiento no newtoniano reofluidificante, en los que la viscosidad disminuyó al aumentar la velocidad de deformación (Figura 1). Como era esperado, la viscosidad incrementó al disminuir la cantidad de agua (incremento de la cantidad de sólidos); igualmente la constante de relajación de tiempo ( $\lambda$ ) disminuyó significativamente (>70 s) al aumentar la cantidad de agua. Este comportamiento fue similar al presentado en la viscosidad inicial en las que  $\eta_{3:5} > \eta_{3:6}$ . En contraste, el índice de flujo (entre -0.05 y -0.32) y la constante de Yasuda (entre 1.08 y 27.95), para las relaciones de 3:5 y 3:6, respectivamente, no presentaron diferencias estadísticamente significativas al cambiar la relación harina de ramón:agua. Por otro lado, la viscosidad infinita ( $\eta_{03:5}=0.52$  y  $\eta_{03:6}=0.58$ ) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. Esto puede deberse al intervalo de velocidades de deformación estudiadas, en los que las curvas de 3:6 presentaron una clara tendencia a una viscosidad infinita, mientras que las muestras de



3:5 no presentaron este comportamiento asintótico. Todas las curvas presentaron un buen ajuste a la ecuación de Carreau-Yasuda ( $R^2 > 0.997$ ) (Tabla 1). Estos resultados concuerdan con lo descrito por Estrada-Girón (2014), en donde la viscosidad de una masa de maíz híbrido disminuyó conforme la velocidad de deformación aumentaba y cuyo incremento en el contenido de humedad de la muestra afectaba negativamente su viscosidad<sup>10</sup>.

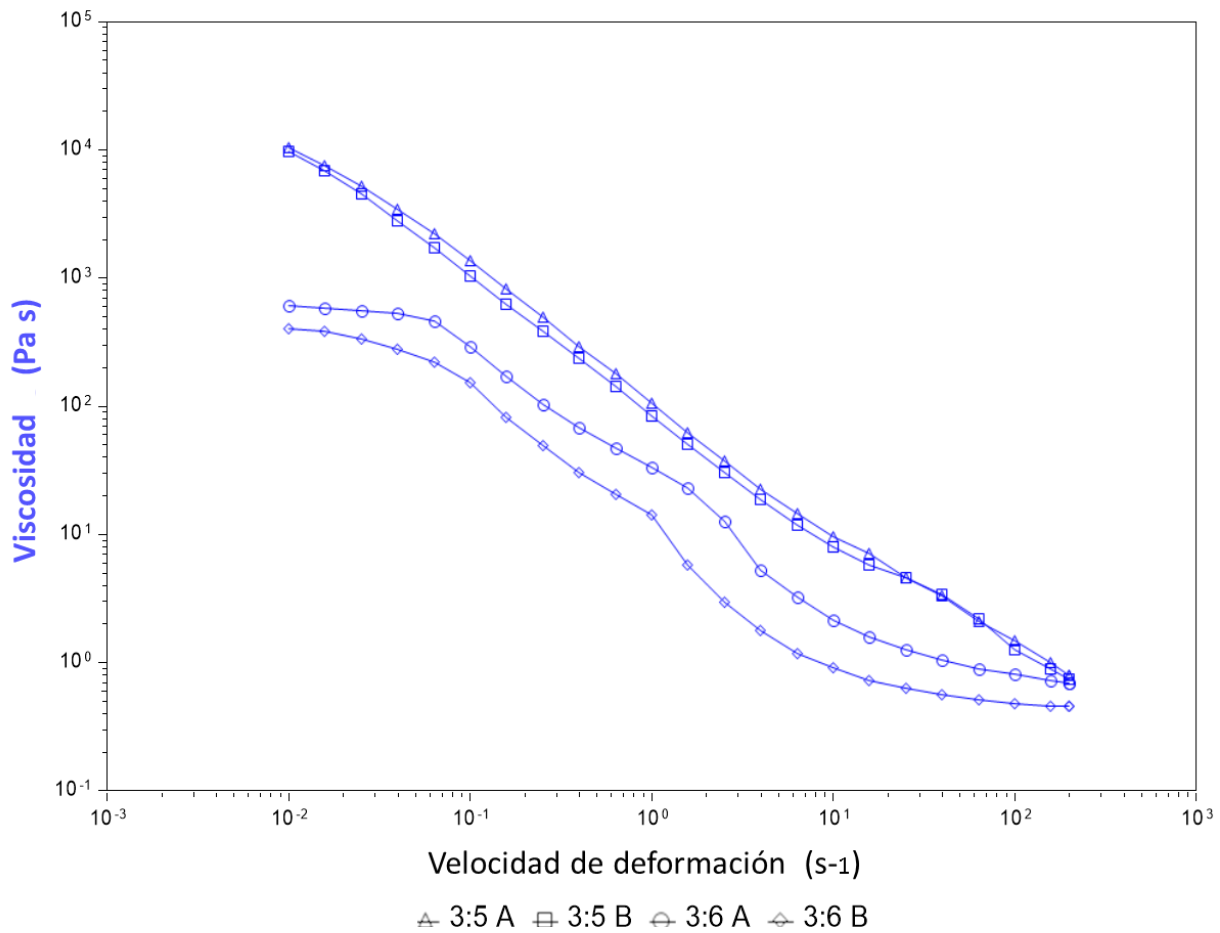


Figura 1.- Curvas de flujo de harina de semilla de ramón:agua ( $R^2 > 0.997$ ).

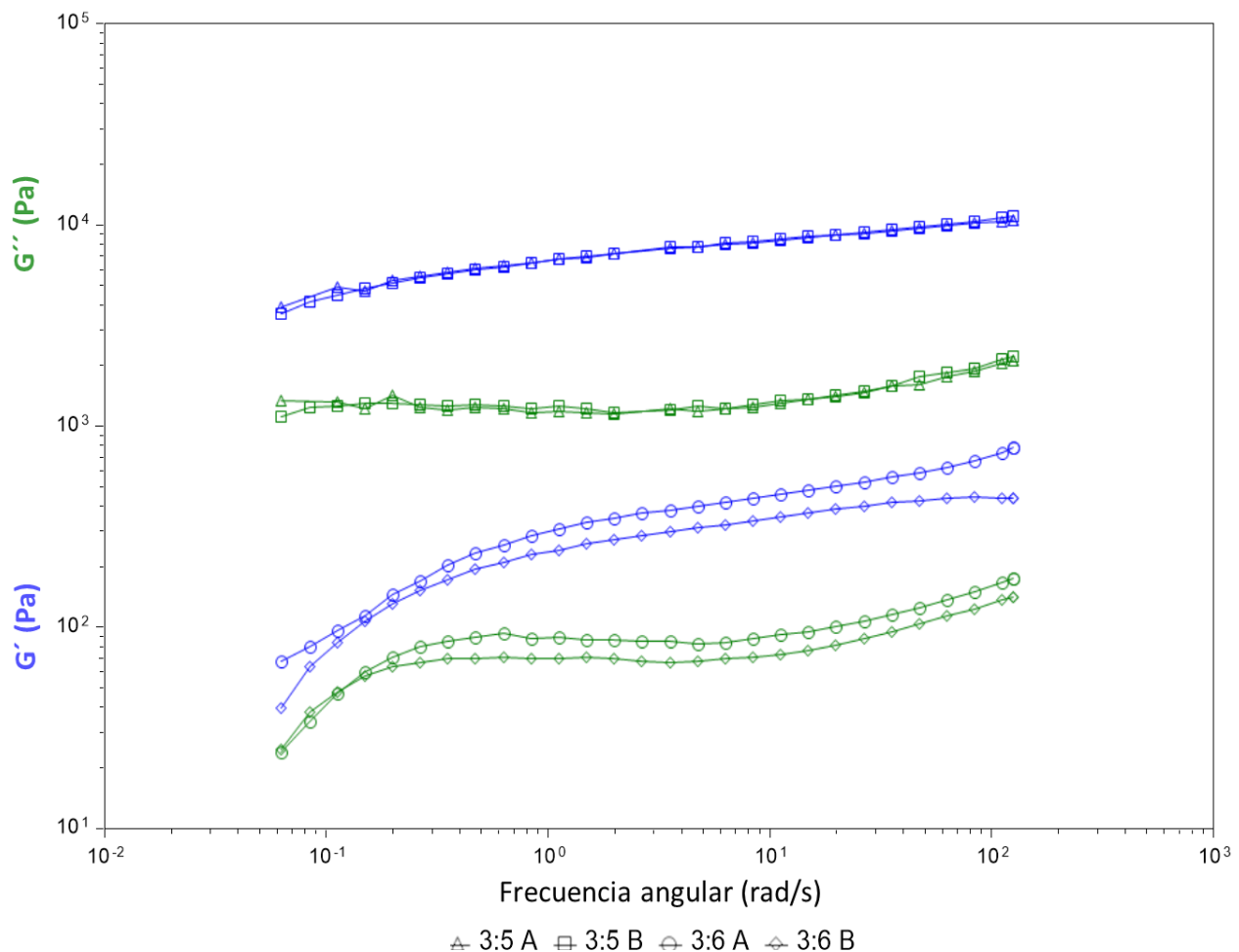
Tabla 1.- Parámetros reológicos de las curvas de flujo ajustadas al modelo de Carreau-Yasuda de distintas relaciones de harina de ramón:agua<sup>†</sup>

Relación	$\eta_0$ (Pa s)	$\eta_\infty$ (Pa s)	$\lambda$ (s)	$n$	$\alpha$
3:5	11167.0 <sup>b</sup> ± 1513.3	0.52 <sup>a</sup> ± 0.004	87.4 <sup>b</sup> ± 0.7	-0.05 <sup>a</sup> ± 0.01	28.0 <sup>a</sup> ± 25.3
3:6	619.5 <sup>a</sup> ± 121.7	0.58 <sup>a</sup> ± 0.105	14.3 <sup>a</sup> ± 1.2	-0.32 <sup>a</sup> ± 0.08	1.08 <sup>a</sup> ± 0.01

<sup>†</sup>Valores con diferente letra representan diferencias estadísticamente significativas en una columna (Tukey  $p \leq 0.05$ ).  $\eta_0$ =viscosidad cero;  $\eta_\infty$ =viscosidad infinita,  $\lambda$ =constante de relajación de tiempo,  $n$ =índice de flujo,  $\alpha$ =índice de transición.

### Propiedades viscoelásticas

Los módulos dinámicos de almacenamiento ( $G'$ ) y pérdida ( $G''$ ) y la tangente del ángulo de pérdida ( $\tan \delta$ ) cambiaron significativamente entre las dos relaciones de harina de ramón:agua (Figura 2). En ambos casos, la  $G'$  se encontró por encima de la  $G''$  en el espectro de frecuencias estudiado, es decir, el módulo de almacenamiento (elástico) fue superior al de pérdida (viscoso), lo que representa comportamientos viscoelásticos típicos de semisólidos tipo gel. Las muestras formuladas con una menor cantidad de agua (3:5) presentaron  $G'$  y  $G''$  más altas ( $> 1$  orden de magnitud) debido a una pasta más estructurada, siendo el valor de  $G''_{3:5}$  inclusive mayor que el valor de  $G'_{3:6}$  (Tabla 2), lo cual representa el efecto de la relación de ramón/agua.



**Figura 2.-** Espectros mecánicos de distintas relaciones de harina de ramón/agua: módulo elástico ( $G'$ , azul) y módulo viscoso ( $G''$ , verde) como función de la deformación ( $\gamma$ ).

Más aún, la muestra con relación 3:5 presentó un ligero aumento de los módulos  $G'$  y  $G''$  con respecto a la frecuencia, mientras que las muestras con la mayor relación de agua (3:6) exhibieron un incremento más drástico de los módulos de almacenamiento y pérdida a las frecuencias más bajas aplicadas ( $< 10 \text{ rad s}^{-1}$ ). Este comportamiento concuerda con lo descrito por Estrada-Girón (2014) para masas de maíz, las cuales

presentaron valores de  $G'$  mayores a los de  $G''$ , siendo ambos módulos afectados negativamente por el aumento de humedad en la muestra<sup>10</sup>. Por otro lado, la relación entre  $G'$  y  $G''$  ( $\tan \delta = G''/G'$ ) exhibió comportamiento ligero, pero significativamente inferior para la muestra de ramón de 3:5 que para 3:6. En estudios anteriores realizados en harinas de maíz, la tangente de pérdida ( $\tan \delta$ ) fue independiente del contenido de humedad, ya que el agua no afectó la estructura molecular del fluido<sup>15</sup>.

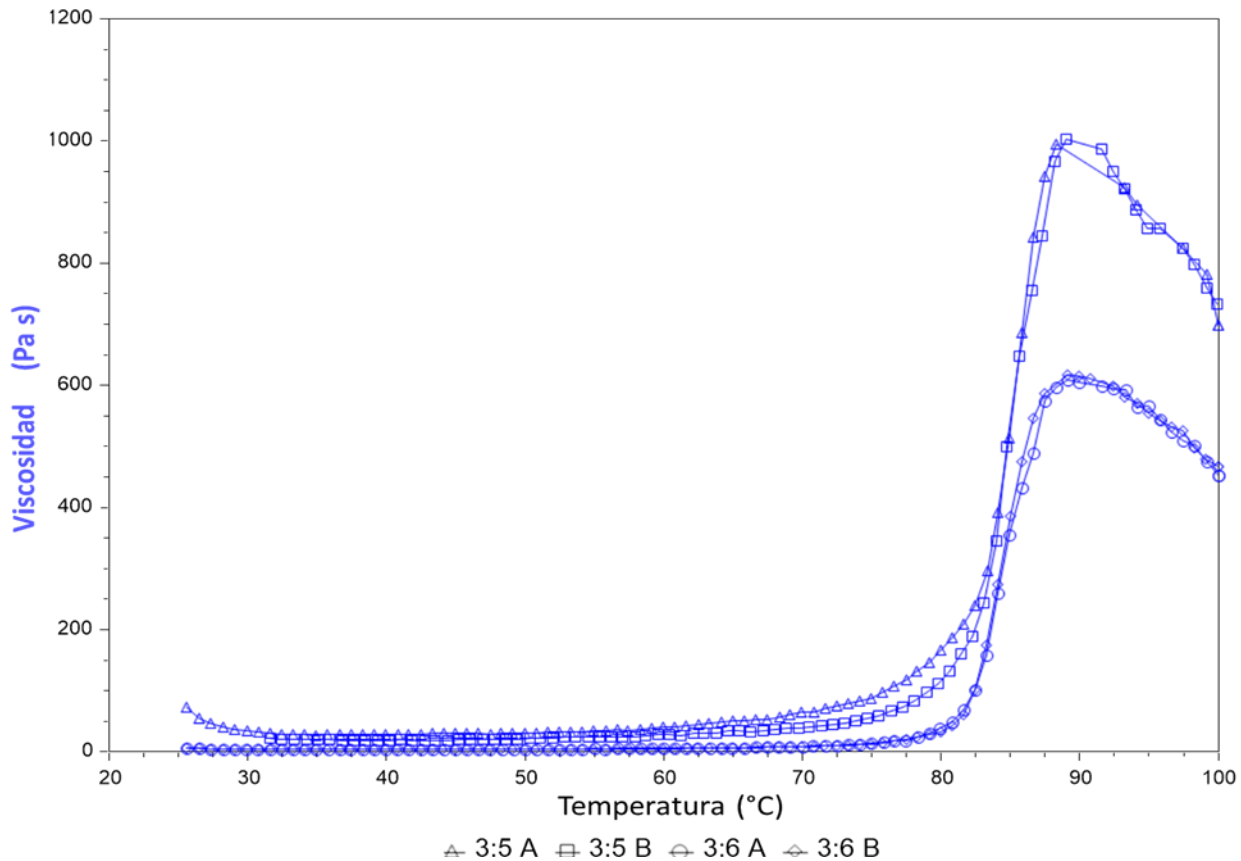
**Tabla 2.-** Parámetros viscoelásticos de distintas relaciones de harina de ramón:agua<sup>†</sup>

Relación	$G'$ Pa	$G''$ Pa	Tan ( $\delta$ )
3:5	8033.2 <sup>b</sup> ± 45.5	1227.3 <sup>b</sup> ± 1.5	0.153 <sup>a</sup> ± 0.008
3:6	371.1 <sup>a</sup> ± 47.1	76.7 <sup>a</sup> ± 6.8	0.208 <sup>b</sup> ± 0.001

<sup>†</sup>Valores con diferente letra en cada columna fueron estadísticamente diferentes entre las muestras (Tukey  $p \leq 0.05$ ).  $G'$ =módulo de almacenamiento;  $G''$ =módulo de pérdida

### Curvas de temperatura

Al aumentar la temperatura en ciertos fluidos, incrementa el movimiento de sus moléculas por lo que estos fluyen con más facilidad. Dicho comportamiento (menor viscosidad al incrementar la temperatura) fue presentado por la harina de semilla de ramón durante los primeros valores de temperatura (<35°C) (Figura 3).



**Figura 3.-** Gráfica de flujo en función de la temperatura de la harina de ramón con agua

Sin embargo, la harina de semilla de ramón gelifica debido a un alto contenido de moléculas de almidón (63 %) cuyo proceso se llevó a cabo con la cantidad de humedad y aplicación de calor adecuados. En las muestras de harina de semilla de ramón, el inicio de la gelificación se presentó entre los 75 °C (3:5) y los 80 °C (3:6), con viscosidades de entre 73.56 y 64.36 Pa s, respectivamente, sin diferencia estadísticamente significativa entre ellas. Así mismo, al final del proceso de gelificación, se obtuvieron viscosidades entre 1,028.66 Pa s (3:5) y 612.56 Pa s (3:6), a una temperatura de 89 °C aproximadamente sin diferencias estadísticamente significativas. La cantidad de agua afectó negativamente las viscosidades máximas de las harinas. Elling-Olav et al. (2015) realizaron un estudio de las características reológicas de una harina de maíz, en donde se observó el inicio de la gelificación a los 65 °C, obteniéndose un máximo alrededor de los 77 °C<sup>11</sup>.

Esta diferencia de temperaturas de gelificación (aprox 10 °C más en harina de ramón sobre harina de maíz) requiere de mayor energía. Esto implica que es necesaria una gran cantidad de calor para fundir toda la fase cristalina del almidón de Ramón. Estos cambios pueden estar influenciados por factores como la diferencia de forma y tamaño del gránulo de almidón entre la harina de ramón y la de maíz; Pérez-Pacheco (2014) reporta que el granulo de ramón es ovalo-esférico, mientras el de maíz tiene una forma poligonal con tamaños de 10.8  $\mu\text{m}$  y 15  $\mu\text{m}$ , respectivamente<sup>6</sup>. Lo anterior podría ser importante en tratamientos térmicos de alta temperatura cuya importancia radica en el proceso de gelificación.

### **Conclusiones.**

Las harinas de semilla de ramón presentaron un comportamiento no-Newtoniano reo-fluidificante con pseudoplasticidad, en donde la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de deformación. Además, se presentaron comportamientos de sistemas semisólidos con viscoelasticidad; la relación 3:5 (ramón:agua) exhibió la pasta más estructurada y con mayor viscosidad. La temperatura influyó en el comportamiento al flujo de las muestras, mostrando un incremento de la viscosidad con el incremento de la temperatura, hasta un máximo de gelificación del almidón ( $\approx 89$  °C). El rango de temperatura en el que se observó la gelificación de las muestras fue de 80.5-89 °C. Los resultados de esta investigación servirán como base para la realización de nuevos estudios con el fin de utilizar la harina de ramón con potencial de sustitución de los almidones en la industria de los alimentos.

### **Agradecimientos.**

Al CONACYT, por el financiamiento del proyecto Plataforma tecnológica pulpo maya para el desarrollo de productos de alto valor agregado YUC-2017-01-01-6559. Al Laboratorio de Tecnología Alimentaria de la Sede Sureste del CIATEJ, por las facilidades otorgadas para el trabajo en el laboratorio. A la empresa Kishur S.P.R. de R.L. de C.V por facilitar las muestras de este estudio.

## Referencias.

1. FAO. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. Food and drug organization. PG 15-52. <http://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>
2. CONABIO. (1972). *Brosimum alicastrum*. *Flora Neotropica*. Monograph, 7(7), 170-171.
3. Hernández-González, O., Vergara-Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (2014). Studies on the productivity of *Brosimum alicastrum* a tropical tree used for animal feed in the Yucatan Peninsula. *Bothalia a Journal of botanical and life Sciences Research*, 44(6), 70-81.
4. Quintero-Hilario, C. C., Esparza-Torres, F., García-Mateos, M. R., Ybarra-Moncada, M. C. & Hernández-Ramos, L. (2019). Effect of roasting on the nutritional value and antioxidant components of Maya nut (*Brosimum alicastrum*: Moraceae). *Revista. Chapingo (Serie Horticultura)*, 25(3), 199–212.
5. Ramírez, S. Ramírez-Sánchez, S., Ibáñez-Vázquez, D., Gutiérrez-Peña, M., Ortega-Fuentes, M. S., García-Ponce, L. L., & Larqué-Saavedra, A. (2017) El ramón ((*Brosimum alicastrum*) Swartz) una alternativa para la seguridad alimentaria en México. *Aroproductividad*, 10(1), 80–83.
6. Pérez-Pacheco, E., Moo-Huchin, V. M., Estrada-León, R. J., Ortiz-Fernández, A., May-Hernández, L. H., Ríos-Soberanis, C. R., & Betancur-Ancona, D. (2014). Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. *Carbohydrate polymers*, 101(1), 920-927.
7. Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O. y Mejía-España, D. F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información Tecnológica*, 30(6), 35-44
8. Olguin-Maciel, E., Larqué-Saavedra, A., Pérez-Brito, D., Barahona-Pérez, L. F., Alzate-Gaviria, L., Toledano-Thompson, T., Lappe-Olivera P., Huchin-Poot, E., & Tapia-Tussell, R. (2017) *Brosimum alicastrum* as a novel starch source for bioethanol production. *Energies*, 10(10), 1-10.
9. Bello-Pérez, L., Díaz, P., Acevedo, E., Santiago, C., & López, O. (2002). Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36(3), 319-328.
10. Estrada-Girón, Y., Aguilar, J., Morales-del Rio, J. A., Valencia-Botin, A. J., Guerrero-Beltrán, J. A., Martínez-Preciado, A. H., Macías, E. R., Soltero, J.F., Soloroz-Feria, J., & Fernández, V. (2014). Effect of moisture content and temperature, on the rheological, microstructural and thermal properties of masa (dough) from a hybrid corn (*Zea mays* sp.) variety. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(2), 429-446.
11. Elling-Olav, R. Fortum-Lamothe, L., Pautot, C., Barfod S. R. (2015). Rheological characteristics of corn flour used during waterfowl feeding – influence of grinding and temperature. *The Nordic Rheology Conference*. Norway, 23(1), 231-237.
12. Quintero-Hilario, C. D. C., Esparza-Torres, F., García-Mateos, M. D. R., Ybarra-Moncada, M. C., & Hernández-Ramos, L. (2019). Efecto del tostado sobre el valor nutritivo y componentes antioxidantes de la semilla de capomo (*Brosimum alicastrum*: Moraceae). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 25(3), 199-212.
13. Ramírez-Sucre, M. O., & Baigts-Allende, D. K. (2016). Efecto del tratamiento térmico en el comportamiento reológico de salsas de chile habanero (*Capsicum chinense*) adicionadas con gomas guar y xantana. *Agrociencia*, 50(7), 837-847.
14. Yasuda, K. (1979). Investigation of the analogies between viscometric and linear viscoelastic properties of polystyrene fluids. PhD Thesis. *Massachusetts Institute of Technology*.
15. Sandoval, E. R., Quintero, A. F., & Aponte, A. A. (2005). Reología y textura de masas: Aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería e investigación*, 25(1), 72-78.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## FUENTES ALTERNATIVAS PARA LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO

L. Ocampo-García<sup>1</sup>, E. García Márquez<sup>2</sup>, J.F. Vélez-Ruiz<sup>3</sup>, M. O. Ramírez-Sucre<sup>1</sup> y E. Gastélum-Martínez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Centro de Investigación y asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco A.C.–Unidad Sureste, Km 5.5 carretera, Sierra Papacal - Chuburná Puerto, C.P. 97302 Yucatán, México [egastelum@ciatej.mx](mailto:egastelum@ciatej.mx), [liocampo\\_al@ciatej.edu.mx](mailto:liocampo_al@ciatej.edu.mx), [oramirez@ciatej.mx](mailto:oramirez@ciatej.mx) <sup>2</sup> Centro de Investigación y asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco A.C.–Unidad Noreste, [egarcia@ciatej.mx](mailto:egarcia@ciatej.mx) <sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, [jorgef.velez@udlap.mx](mailto:jorgef.velez@udlap.mx)

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

**Resumen:** Las fuentes comunes para la extracción de colágeno como la carne bovina y porcina presentan ciertas desventajas: baja compatibilidad, costos elevados de operación y producto, así como rechazos de producto por el uso de estos animales como materia prima debido a prácticas religiosas. Esto implica que diversos países como Israel, Irak, Afganistán, entre otros, no puedan satisfacer su demanda, de tal forma es necesario realizar una búsqueda de fuentes alternativas para la extracción de colágeno. Tal es el caso del aprovechamiento de residuos de la industria avícola y animales marinos como peces, medusas y algunos cefalópodos que enmiendan las desventajas presentes en este proceso además de extender las aplicaciones de este producto de interés en la industria cosmética, farmacéutica, de alimentos y la biomedicina. El colágeno extraído de fuentes alternativas presenta ventajas tales como termoestabilidad y procesos de extracción a temperatura ambiente con alto rendimiento (entre 30 y 70%).

### Introducción.

El colágeno es una super familia de proteínas, la más abundante de los organismos (un cuarto de la masa total de proteínas en humanos y animales), es encontrado en múltiples tejidos de vertebrados e invertebrados (piel, tendones, cartílago, huesos, etc.) como cadenas de tripe hélice que a su vez contienen aminoácidos particulares de los cuales uno de cada 3 es una glicina. La estructura química de éstos aminoácidos promueve que las cadenas se enrollen y formen así una fibra de colágeno tridimensional. Su principal función es de soporte estructural y celular. Se reportan hasta 28 tipos de colágeno de los cuales los tipos I, II y III son los más abundantes, diferenciados por la localización y función que desempeñan. El colágeno tipo I da al organismo flexibilidad y resistencia, constituye el 90 % del colágeno total del cuerpo, mientras que el colágeno tipo II presente en tejidos cartilaginosos recubre las superficies óseas; asimismo, el colágeno tipo III abunda en la dermis de la piel, en el tejido conjuntivo laxo y en las paredes de los vasos sanguíneos que permite el mantenimiento de los músculos (Herrera-Batista et al., 2017; Coronado-Aragón, 2011; Torres-Arreola et al., 2008). A nivel mundial, el colágeno es principalmente extraído a partir de ganado bovino y porcino, sin embargo, existen factores de riesgo en la transmisión de enfermedades como encefalopatía espongiiforme bovina (EEB), infecciones bacterianas, entre otras, además de una escasa biocompatibilidad, a esto se agrega que en algunos países de Asia como la India su uso se limita por prácticas religiosas en esta región (Nagai et al., 2002; Coronado-Aragón, 2011; Torres-Arreola et al., 2008). En el islam y judaísmo están prohibidas la carne de vaca y cerdo, en 2010 estas poblaciones representaron el 36.3 % de la población mundial por lo que es importante buscar nuevas fuentes de colágeno que suplan la demanda en estas comunidades

(Mosquera-Jordan et al., 2014; Flores- Pino, 2017). Estas razones justifican la búsqueda de nuevas alternativas para la extracción de colágeno a partir de otras fuentes como desechos de la industria avícola y animales marinos (peces, cefalópodos, esponjas de mar, entre otros). Por otro lado, debido a la abundancia del colágeno en la naturaleza (animales vertebrados e invertebrados), biodegradabilidad y por no ser un agente tóxico ni antigénico, presenta gran demanda en las industrias biomédica, farmacéutica y cosmética (Silvipriya et al., 2015). El éxito a nivel productivo en la cantidad de colágeno que se extrae de fuentes alternativas está representado por el método de extracción que se usa, y este a su vez, por el nivel de entrecruzamiento de las moléculas de colágeno. Los tres métodos más comunes usados para la extracción de colágeno involucran el uso de soluciones de sales neutrales, ácidos diluidos y proteasas (Singh et al., 2011). Las fibras de colágeno recién sintetizadas y con entrecruzamiento mínimo pueden ser solubilizadas utilizando soluciones salinas neutras como NaOH, urea y NaCl; la solución resultante es purificada por diálisis, precipitación, centrifugación o combinación de éstas (Mamani- Humán, 2018; Serrano- Gaona, 2011; Torres-Arreola et al., 2008). El uso de soluciones de ácido diluidas, como por ejemplo  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.5 M, HCl 0.5 M, o soluciones amortiguadoras de citratos, han demostrado mayor eficacia en la extracción (Bougatef et al., 2012; Zhang et al., 2007). Sin embargo, el colágeno de huesos y cartílago presenta poca solubilidad en estas soluciones por lo que el uso de enzimas se ha expandido como un método de extracción con rendimientos superiores a los métodos con soluciones químicas. Eso es debido a la resistencia de la triple hélice del colágeno donde las enzimas como pepsina y quimotripsina la hidrolizan (Zhang et al., 2007).

En este trabajo se revisaron las investigaciones de extracción de colágeno a partir de fuentes alternativas de carne bovina, porcina y vacuna con alto potencial en su uso dentro de la industria de alimentos, plásticos, cosméticos y productos biomédicos. Se analizaron las características de los métodos de extracción y el colágeno obtenido, aplicaciones industriales y el rendimiento en la obtención de colágeno a través de una amplia revisión bibliográfica.

## **Fundamento Teórico.**

### **Colágeno**

El colágeno es una proteína estructural, considerada la más abundante en el organismo (25 a 35 % del total de proteínas), está caracterizada por poseer tres cadenas polipeptídicas en forma de triple hélice helicoidal a las cuales se les denomina cadenas alfa ( $\alpha$ ), “todas las cadenas  $\alpha$  unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares, presentan una secuencia de aminoácidos Gly X Y, llamado dominio colagenoso, donde la X y la Y puede ser cualquier aminoácido, pero con mucha frecuencia son la glicina, prolina e hidroxiprolina” (Nelson et al., 2005). Varios autores reportan 28 tipos diferentes de colágeno, los cuales se diferencian por su tamaño, función y localización, el más común en el cuerpo humano es el colágeno tipo I, mientras que en la industria los más utilizados son el colágeno tipo I (aplicaciones cosméticas) y tipo II (aplicaciones farmacéuticas) (Herrera-Batista et al., 2017; Coronado-Aragón, 2011; Torres-Arreola et al., 2008).

El colágeno tipo I representa más del 90 % del colágeno total en el cuerpo humano, este forma fibras que se agrupan para constituir cadenas, cuya principal función es proporcionar al cuerpo flexibilidad y resistencia, se encuentra en la piel, huesos, tendones y en la matriz ósea; mientras que el colágeno tipo II se encuentra presente en cartílagos y recubriendo las superficies óseas de las articulaciones, principalmente, finalmente el tipo III abunda en la dermis de la piel permitiendo el mantenimiento de los músculos (Nelson et al., 2005).

### **Fuentes de colágeno**

La principal fuente de obtención es de origen porcino, puesto que esta materia presenta bajo riesgo de transmisión patógena. Dependiendo de la parte del cerdo se pueden extraer desde 15.7 % hasta 89.9 % de colágeno. En Colombia 1 g de colágeno hidrolizado, tiene un costo aproximado de \$140 USD (Gómez-González et al., 2019), mientras que en México 1 g de colágeno marca sigma proveniente de tendón bovino ronda entre los \$ 68 y \$ 70 USD. De acuerdo con Coronado-Aragón (2011) las industrias obtienen colágeno de partes específicas de animales, por ejemplo, a partir de pieles de ganado bovino y porcino se obtiene colágeno tipo I, aunque también de la piel y escamas de pescados; mientras que de cartílagos de pollo y tiburón se obtiene colágeno tipo II. En el 2019 el mercado mundial de colágeno se valuó en \$ 4,689.4 millones USD, en este mismo año la demanda del mercado mundial de colágeno se estimó en 920.1 toneladas y se espera que se desarrolle a una tasa compuesta anual del 5.9 % de 2020 a 2027, debido a las crecientes aplicaciones en la industria de alimentos y cosmética, mientras que en Canadá y México se espera que la demanda de colágeno sea potenciada por la creciente demanda de productos de confitería gomosos (Grand View Research [GVR], 2020).

En los últimos 15 años la captura mundial de peces se ha mantenido alrededor de los 70 millones de toneladas, los residuos o desechos que genera, representa un 50-60 % (Kittiphattanabawon et al., 2005). Países como Japón, España, Francia, Tailandia y otros, coinciden en que esta industria genera problemas ambientales serios (Solari et al., 2015). Sin embargo, dichos desechos poseen un valor nutricional no aprovechado. Los residuos de la industria pesquera poseen un contenido considerable de colágeno que puede ser aprovechado en la industria alimentaria, cosmética y en la elaboración de biomateriales (Nagai et al., 2007). Otras fuentes potencialmente investigadas son las escamas de pescado (tilapia, bagre, piel de pez diablo, etc.), los residuos de pollo (piel, patas, etc.), y otros animales marinos como cefalópodos, esponjas y medusas (Torres-Arreola et al., 2008; Villa-Lerma et al., 2019; Serrano-Gaona, 2011).

### **Métodos de extracción de colágeno**

Los métodos más comunes para la extracción de colágeno contemplan el uso de soluciones con sales y ácidos diluidos como el NaOH, CH<sub>3</sub>COOH, HCl y C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>. Cuando el colágeno es extraído de una fuente de huesos o cartílago, presenta poca solubilidad en las soluciones antes mencionadas, por lo que el uso de enzimas mejora el método de extracción teniendo rendimientos superiores comparados con los métodos químicos, esto debido a la resistencia que la triple-hélice del colágeno presenta frente a la hidrólisis química, de tal forma que enzimas como pepsina y quimotripsina permiten

acelerar la hidrólisis del colágeno (Cuevas-Acuña et al., 2016; Morales et al., 2000; Zhang et al., 2007).

Los métodos de extracción de colágeno usados básicamente consisten en realizar una extracción con o sin agitación generalmente a 4 °C, en soluciones de pH entre 11 y 14, seguida de un tratamiento con ácidos con pH entre 2 y 5. Posteriormente son purificadas por diálisis, precipitación, centrifugación o combinación de éstas. Es un proceso sencillo que dependiendo de la materia prima los tiempos de extracción pueden variar significativamente de 6 h a 36 h y es importante considerar la temperatura, ya que diferentes autores relacionan la temperatura con la calidad de los extractos obtenidos (Torres-Arreola, 2008; Flores-Pino, 2017).

## **Resultados y Discusión.**

### **Extracción de colágeno de residuos avícolas.**

La industria avícola genera desechos altamente contaminantes como las patas de pollos, cartílago, pieles, plumas, vísceras, etc. En el caso de las patas de pollo, éstas representan el 4 % del peso total del ave y su composición posee un 20 % de colágeno de acuerdo con Tenelema-Buñay (2017) quien extrajo colágeno a partir de patas de pollo. El proceso consistió en una serie de tratamientos: 1) NaClO al 5 % durante 60 min, 2) NaOH 0.2 N por 24 h, 3) CH<sub>3</sub>COOH 0.5 M y pepsina 2 % por 36 h. El colágeno fue precipitado con NaOH y CH<sub>3</sub>COOH, para posteriormente ser liofilizado. Se evaluó la concentración de pepsina sobre el rendimiento del proceso, donde se determinó que la metodología con mayor rendimiento la cual incluía el tratamiento enzimático con 6 % de pepsina obtenía un 62 % de colágeno que equivalen a 310 g por cada 500 g del total de masa (tendones y piel). En la industria farmacéutica y cosmetológica, su uso como un biomaterial, o en la industria alimentaria como agente espesante o gelificante son algunas de las posibles aplicaciones del extracto obtenido.

Por otro lado, en 2018 Mamani-Humán (2018) aplicó un método de hidrólisis alcalina para la extracción de colágeno usando tarsos de pollo, es decir únicamente una región de la pata de pollo, obteniendo un rendimiento del 11.21 % en la extracción de colágeno. El proceso consistió en un tratamiento con NaOH 0.25 M durante 6 h a temperatura ambiente para la hidrólisis, posteriormente se incrementó la temperatura a 80 °C por 3h para realizar la extracción de colágeno a diferencia del realizado por Tenelema-Buñay (2017). La reducción considerable del rendimiento del proceso puede deberse a que el proceso se llevó a cabo a temperatura ambiente, al uso del tarso (sólo una pequeña región de la pata de pollo), así como a no realizar una hidrólisis enzimática para aumentar el rendimiento en la extracción a partir de tarso de pollo.

### **Extracción de colágeno a partir de residuos pesqueros.**

En el caso de la industria pesquera se estima que los residuos sólidos representan entre un 50 y 70% de la materia prima inicial. Dentro de los residuos encontramos escamas, cabezas, huesos, pieles, vísceras, etc. Los cuales tienen usos como alimento para animales y fertilizantes, pero de acuerdo a Serrano-Gaona (2011), no se tienen productos de alto valor agregado. Serrano-Gaona (2011), determinó que a partir de pieles de tilapia (*Oreochromis sp.*) y de cachama (*Piaractus brachypomus*) provenientes de Colombia, se extrae colágeno tipo I. Con un proceso a temperaturas de 35 °C en la

extracción, difiriendo con los estudios realizados por Zhang (2007,2009) que utilizaron 4 °C. El proceso de extracción en pieles de tilapia consistió en una decoloración de las pieles con NaClO para continuar con una hidrólisis enzimática por 18 min, después se solubilizó en CH<sub>3</sub>COOH 0.5 M por 300 min y se precipitó con una solución salina para resolubilizar posteriormente con CH<sub>3</sub>COOH 0.5 M y finalmente mediante diafiltración que consistió en una modificación de la ultrafiltración en la cual se adicionó una solución diluyente para facilitar el permeado a través de la membrana y obtener colágeno purificado. Mientras que a partir de pieles de cachama se realizó la misma metodología con ligeras modificaciones en los tiempos: hidrólisis enzimática, 240 min, solubilización en CH<sub>3</sub>COOH 0.5 M, 300 min y una filtración con filtro de acero inoxidable seguida de una diafiltración por 82 min a 25 psi. El rendimiento de ambos procesos fue de 33.3 % (b.s.) de colágeno tipo I. La diferencia entre el tiempo de extracción se debió a la rigidez de las pieles de los peces, así como su composición de grasa y proteínas. Ambos extractos (tilapia y cachama) cumplieron con los requisitos mínimos microbiológicos para la industria cosmética sin presencia de microorganismos patógenos. En México la producción de tilapia es de 183 mil toneladas, de los cuales se estima que el 50 % son residuos (cabeza, cola y esqueleto) altamente contaminantes, que son aprovechados en, por ejemplo, el Tecnológico Nacional de México, campus Tuxtla Gutiérrez como fuente para la elaboración de fertilizantes, sin embargo, estos residuos tienen un potencial sin explotar para la extracción de colágeno (Tecnológico Nacional de México, 2020).

Por otro lado, una extracción de colágeno tipo I realizada por Armando-Solari (2018) a 4 °C en residuos de *Engraulis ringens* comúnmente conocido como anchoveta (espinas, escamas y espinazos) con soluciones salinas de NaOH y soluciones ácidas con CH<sub>3</sub>COOH con tiempo de extracción de 2 días, precipitado, dializado y liofilizado, mostró un rendimiento menor que con pieles de pez pues se reportaron valores de 65 mg hidroxiprolina/g de muestra y 52.9 mg de hidroxiprolina/g de muestra, demostrando que la adición de enzimas en el proceso de extracción y solución ácida aumenta la extracción de hidroxiprolina, además de disminuir radicalmente el tiempo del proceso de 2 días a 300 min.

### **Extracción de colágeno a partir de medusas.**

A partir de medusa *Stomolophus meleagris* Villa-Lerma et al. (2019) reportó un extracto proteico empleando HCl 0.5 M, CH<sub>3</sub>COOH 0.5 M y pepsina gástrica; obteniendo un rendimiento de extracción de colágeno máximo a las 9 h inferior al 25 % (extracto proteico soluble en ácido con quitosano) y 25 % de extracto proteico soluble en pepsina con quitosano en un proceso de extracción a 4 °C. Sin embargo, no se menciona algún proceso para purificar los extractos, pero de acuerdo a los autores, este podría tener aplicaciones en el desarrollo de alimentos con características bioactivas como actividad antimicrobiana.

De igual forma en Sonora, México., Ezquerro-Brauer et al. (2018) realizaron la extracción de colágeno a partir de una medusa llamada bola de cañón (*Stomolophus meleagris*) que posee un 20 % de tejido gelatinoso. La materia prima fue un liofilizado en forma de harina de esta medusa, el proceso se llevó a cabo a 4 °C, con una solución de urea por 24 h, y solución amortiguadora de sal neutra (colágeno soluble en sal neutra), CH<sub>3</sub>COOH (colágeno soluble en ácido) y CH<sub>3</sub>COOH con pepsina, como parte



del estudio sobre la obtención de productos de valor agregado de la medusa bola de cañón realizado por Ezquerria-Brauer et al. (2018), sin reportar datos sobre el rendimiento ni la composición del extracto. Las metodologías de extracción en medusas no necesitan un blanqueamiento de la materia prima como se realiza en residuos de peses, esto debido a que son invertebrados, no poseen escamas y su composición proteica es mayor, pero es notable que los métodos difieren en algunos puntos, pero se conserva el principio de extracción.

### Extracción de colágeno a partir de calamar.

Torres-Arreola et al. en 2008 realizaron una extracción a 4 °C en calamar gigante (*Dosidicus gigas*) empleando una solución de urea (6.0 M) y acetato de sodio (0.5 M) durante 24 h. Posteriormente agregaron una solución de buffer neutro para obtener colágeno soluble en sal neutra, en paso siguiente se agregó solución con CH<sub>3</sub>COOH 0.5 M al precipitado para conseguir colágeno soluble en ácido y se agregó pepsina al precipitado anterior con una solución de CH<sub>3</sub>COOH 0.5 M para obtener colágeno soluble en pepsina. Los extractos fueron precipitados con NaCl para finalmente purificar por diálisis con CH<sub>3</sub>COOH y ser liofilizado. La caracterización del colágeno reportó que se extrajo colágeno tipo I y con rendimientos de hidroxiprolina y prolina que varían dependiendo la parte del calamar (soluble en pepsina), donde los tentáculos representan un 70 % y menos de 20 % en el manto con posibles aplicaciones en la industria plástica y cosmética. Concluyeron que las fracciones proteicas obtenidas de calamar gigante presentan una alta resistencia térmica (120 °C) en los tentáculos.

Los diferentes métodos empleados para la extracción de colágeno a partir de fuentes alternas, se muestran de forma resumida en la Tabla 1. Es destacable la variabilidad en los tiempos de extracción de horas a días y los rendimientos de 5 a 70 %.

**Tabla 1.- Comparación de extracciones de colágeno de fuentes alternativas.**

Fuente de extracción	TC	Extracción	Rend %	Aplicaciones	Autor
Patatas de pollo	I	Solución de NaClO, NaOH, CH <sub>3</sub> COOH y pepsina. 36 h sin reporte de temperatura.	62	Farmacéutica, cosmetología, biomaterial, y agente espesante o gelificante en alimentos.	Tenelema-Buñay, 2017
Tarso de pollo	I	Solución de NaOH. 9 h a temperatura ambiente.	11.21	NR	Mamani-Humán, 2018
Piel de tilapia	I	Solución de NaClO, CH <sub>3</sub> COOH y pepsina. 6 horas a 35 °C.	33.3	industria cosmética	Serrano-Gaona 2011
Piel de cachama	I	Solución de NaClO, CH <sub>3</sub> COOH y pepsina. 9 horas a 35 °C.	33.3	industria cosmética	Serrano-Gaona 2011
Residuos de anchoveta	I	Solución de NaOH y CH <sub>3</sub> COOH. 2 días a 4 °C.	5.2	NR	Solari et al., 2018
Medusa bola de cañón	N R	Solución de Urea, HCl, CH <sub>3</sub> COOH y pepsina. Mezcla de colágeno quitosano. 9 h.	>25	Alimentos con características bioactivas (actividad antimicrobiana)	Villa-Lerma et al., en el 2019
Medusa bola de cañón	N R	Solución de sal neutra, CH <sub>3</sub> COOH y pepsina. 24 h a 4 °C	NR	Alimentos	Ezquerria-Brauer, 2018

<i>Calamar gigante</i>	I	Solución de Urea, C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NaO <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> COOH y pepsina. 36 h a 4 °C.	70 % tcl 20 % mto	Biopelículas, alimentos e industria plástica.	Torres-Arreola et al., 2008
------------------------	---	---	----------------------------	---	-----------------------------

NR: no reporta, TC: tipo de colágeno, Rend: rendimiento, tcl: en tentáculo, mto: en manto. Fuente: Elaboración propia.

### **Conclusiones.**

Aplicar largos tiempos de extracción, altas temperaturas y altas concentraciones de ácido permite obtener mayores rendimientos, pero un mayor número de cadenas cortas lo que se traduce como una calidad inferior del producto obtenido, por lo que innovar en el proceso de extracción eliminando el uso de soluciones ácidas o básicas para optimizar los rendimientos sin perder calidad de los extractos podría ser una forma que el colágeno extraído de fuentes alternativas a bovinos y porcinos pueda extenderse y suplir la demanda en países de Asia.

Las temperaturas del proceso de extracción pueden variar de acuerdo a la materia prima, pues acorde con lo discutido en el documento podemos inferir que especies marinas de aguas cálidas tienden a poseer colágeno con mayor termo estabilidad pues se usan temperaturas de extracción entre 25 y 35 °C lo cual debe ser considerado para seleccionar de mejor manera las condiciones del proceso. Se recomienda hacer un análisis en la calidad de los extractos obtenidos a diferentes temperaturas, así como análisis reológicos, fisicoquímicos y estructurales que permitan determinar tecnológicamente el potencial de aplicación del colágeno extraído en las diferentes industrias (alimentos, fármacos, biomateriales, plásticas, etc.).

### **Agradecimientos.**

Agradecimiento al proyecto “Plataforma tecnológica pulpo maya para el desarrollo de productos de alto valor agregado” Proyecto YUC-2017-01-01-6559 Fondo Mixto FOMIX CONACYT-Gobierno del Estado de Yucatán por el financiamiento.

### **Referencias**

1. Bougatef, A., Balti, R., Ben Zaied, S., Souissi, N., & Nasri, M. (2008). Pepsinogen and pepsin from the stomach of smooth hound (*Mustelus mustelus*). Purification, characterization and amino acid terminal sequences. *Food Chemistry*, 107, 774-784.
2. Coronado-Aragón, M. H. (2011). Fuentes del colágeno y sus métodos de extracción. <https://es.scribd.com/doc/64642318/Fuentes-del-colageno-y-sus-metodos-de-extraccion>.
3. Ezquerro-Brauer, J. M., Unzueta-Bustamante, L., Wong-Corral, F. J. (2018). Estudio sobre la obtención de productos de valor agregado de la medusa bola de cañón. CV-I AES-006-2018.
4. Flores-Pino, C. M. (2017). Extracción de colágeno de las escamas de pescado utilizando diferentes niveles de rennina. [Tesis de pregrado] Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
5. Gómez-González, R., Figueroa-Hernández, C., Ameneiros-Martínez, J. M., Cervantes-Uc, J. M., & Pérez-Álvarez, R. (2020). Estudio de la valoración económica para la obtención de matrices de colágeno. *Ingeniería Mecánica* vol.23 no.1 La Habana. Obtenido de Estudio de la valoración económica para la obtención de matrices de colágeno: <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v23n1/1815-5944-im-23-01-e596.pdf>
6. GVR. (2020). Grand View Research. Obtenido de Collagen Market Size, Share & Trends Analysis Report By Source, By Product (Gelatin, Hydrolyzed, Native, Synthetic), By Application (Food & Beverages, Healthcare, Cosmetics), By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/collagen-market>

7. Han, C., Zhang, L., Sun, J., Shi, H., Zhou, J. & Gao, C. (2010). Application of collagen-chitosan/fibrin glue asymmetric scaffolds in skin tissue engineering. *Biomed & Biotechnol*, 11(7), 524-530.
8. Herrera-Batista, A. J., Ruiz-Candina, H. J. & Zumeta-Dube, M. T. (2017) The super family of the collagen. *Rev. Cuba. Investig. Biomédicas* 36, 260–270.
9. Kittiphattanabawon P, Benjakul S, Visessanguan W, Nagai, Tanaka M. (2005). Characterization of acid-soluble collagen from skin and bone of big snapper (*Priacanthus tayenus*). *Food Chemistry*. 89: 363-72
10. Mamani-Humán, C. A. (2018). Obtención de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de (tarsos) de pollo provenientes de la industria avícola en la región de Arequipa. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
11. Mosquera, M. (2014). Nanoencapsulación de hidrolizados peptídicos con actividades biológicas procedentes de subproductos de la pesca Disponible en: <http://stadium.unad.edu.co/UNAD.php?url=/1096/139/1/2009P-08.pdf>
12. Nagai, T., Nagamori, K., Yamashita, E. & Suzuki, N. Collagen of octopus *Callistoctopus arakawai* arm. *Int. J. Food Sci. Technol.* 37, 285–289 (2002)
13. Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2005). *Lehninger Principles of Biochemistry*. 4 ed. W. H. Freeman.
14. Serrano-Gaona, J. (2011.). Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (*Oreochromis* sp) y cachama (*Piaractus brachypomus*). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia].
15. Silvipriya KS, Krishna-Kumar K, Bhat AR, Dinesh-Kumar B, Anish-John, Panayappan-lakshmanan. (2015). Collagen: Animal Sources and Biomedical Application. *J App Pharm Sci*, 5 (03): 123-127
16. Singh, P., Benjakul, S., Maqsood, S. & Kishimura, H. (2011). Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Food Chem.* 124, 97–105.
17. Solari, Armando y Córdova, Javier S. (2015). Extracción de colágeno proveniente de residuos del procesamiento de engraulis ringens “anchoveta”. *Ciencia e Investigación*; 18(2): 65-68
18. Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutierrez. (2020). Tecnológico Nacional de México. Obtenido de Investigadores del TecNM elaboran fertilizante orgánico con harina de Tilapia:<https://www.tecnm.mx/?vista=noticia&id=784#:~:text=La%20Tilapia%2C%20si%20bien%20re presenta,maneja%20representa%20un%20problema%20ambiental>.
19. Tenelema-Buñay, M. P. (2017). Obtención de colágeno de las patas de pollo co aplicación de niveles de 2,4 y 6% de pepsina. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. 060457744-5.
20. Torres-Arreola, W., Pacheco-Aguilar, R., Sotelo-Mundo, R. R., Rouzaud-Sández, O. & Ezquerra-Brauer, J. M. (2008). Partial characterization of collagen from mantle, fin, and arms of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *Cienc. y Tecnol. Aliment.* 6, 101–108.
21. Villa-Lerma, A. G., Rodríguez-Ramírez, R., Mondaca-Fernández, I., Pérez-Hernandez, N. A., Santos-Lopez, G., Chalas-Vega, Z., & Plascencia Jatomea, R. (2019). Obtención de proteínas de medusa glicolisadas con quitosano y su potencial antimicrobiano ante *Listeria monocytogenes*. *Avances de Investigación en Inocuidad de alimentos*, Vol. 2.
22. Yan Zhang, Wentao Liu, Guoying Li, Bi Shi, Yuqing Miao, Xiaohua Wu. (2007). Isolation and partial characterization of pepsin-soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), *Food Chemistry*, Volume 103, Issue 3, Pages 906-912, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.053>.
23. Zhang, M., W. Liu et al. (2009). "Isolation and characterisation of collagens from the skin of largemouth longbarbel catfish (*Mystus macropterus*)." *Food Chemistry* 115: 826- 831.
24. Zhang, Y., W. Liu et al. (2007). "Isolation and partial characterization of pepsin-soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)." *Food Chemistry* 103: 906-912.

### Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## EVALUACIÓN DE UN REACTOR UASB COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UNIVERSITARIAS

**A. Castro-Sierra<sup>1</sup>, C. A. Sosa-Villalobos<sup>2</sup>, E. Houbron<sup>3</sup>, E. Rustrián-Portilla<sup>3</sup>, I. Galaviz-Villa<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Tecnológico Nacional de México. Veracruz - Córdoba km 12, 94290 Boca del Río, Ver. - [m19990513@bdelrio.tecnm.mx](mailto:m19990513@bdelrio.tecnm.mx), [itzelgalaviz@bdelrio.tecnm.mx](mailto:itzelgalaviz@bdelrio.tecnm.mx).

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Veracruz, Tecnológico Nacional de México. Av. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, 91897 Veracruz, Ver. - [cinthya.sv@veracruz.tecnm.mx](mailto:cinthya.sv@veracruz.tecnm.mx)

<sup>3</sup>Laboratorio de Gestión y Control de la Contaminación Ambiental, Facultad de Ciencias Químicas región Córdoba-Orizaba, Universidad Veracruzana. Ote. 6 1009, Rafael Alvarado, 94340 Orizaba, Ver. - [ehoubron@uv.mx](mailto:ehoubron@uv.mx), [erustrian@uv.mx](mailto:erustrian@uv.mx).

**Área de participación:** Tecnología Ambiental.

### Resumen:

El agua sufre un deterioro complejo y alarmante debido a los diversos contaminantes presentes en ella. Por ende, diversas tecnologías han sido empleadas para su tratamiento, un ejemplo de estas son los reactores anaerobios de flujo ascendente, UASB por sus siglas en inglés. Los cuales son una alternativa compacta que por su estructura aprovecha la gravedad junto con la acción mineralizante de los microorganismos para remediar la contaminación presente en el efluente hasta niveles considerables. En el presente trabajo se evaluó la eficiencia de remoción de la DQO, los SST, los SSV, los SSF, así como la producción de biogás en un reactor tipo UASB de nivel laboratorio, alimentado con agua residual proveniente de una institución universitaria, bajo tres cargas volumétricas distintas: 4; 8; y 12 g de DQO/L\*día respectivamente, obteniéndose remociones de hasta el 98% en DQO.

### Introducción.

El agua participa en todos los procesos naturales, antropogénicos e industriales que dan sustento a la vida. No obstante, las propiedades que le confieren esa versatilidad, también la proveen de una alta vulnerabilidad. La cual esa relacionada con el vertimiento de aguas residuales parcialmente tratadas y sin tratar con implicaciones sociales, económicas y ambientales; siendo estas últimas las que generan una mayor problemática. Las afectaciones al ambiente o al ecosistema van desde la contaminación del agua hasta la alteración del ciclo hídrico, pasando por la eutrofización del medio, el traslado y/o bioacumulación de material tóxico y liberación de metano. Adicionalmente, la falta de regulación y tratamiento del agua tiene severos impactos en la naturaleza a corto, mediano y largo plazo, algunos imperceptibles hasta que las alteraciones han alcanzado niveles irreversibles (Fernández, 2012; Houbron *et al.*, 2020).

Por consiguiente, es de vital importancia realizar tratamientos de aguas residuales; los cuales sean eficientes, asequibles, y específicos. Actualmente, las tecnologías depuradoras de aguas residuales enumeran tanto procesos como operaciones unitarias con el objetivo de eliminar los contaminantes presentes en el efluente para garantizar su uso o aprovechamiento posterior. En este contexto, cabe resaltar que la selección del proceso de tratamiento depende de la naturaleza del agua residual, del uso al cual será destinado, la compatibilidad entre los sistemas de tratamiento, los medios disponibles de evacuación de los contaminantes finales; y los costos de operación (Ramalho, 1996; Rojas, 2002).

Sin embargo, aun cuando es necesario reintegrar el agua al ciclo natural, el porcentaje de aguas residuales tratadas no es significativo. Tan solo en México, según reportes de

CONAGUA (2018), tan solo el 63% de las aguas residuales son tratadas, si bien es superior a la media, sigue siendo insuficiente. Esto puede deberse principalmente a la falta de recursos, o gestión ambiental para el uso sostenible del recurso (Reynolds, 2002).

Por tanto, para poder solventar este problema se debe proponer e integrar en nuestro entorno tecnologías sostenibles, viables, fáciles de operar, y con una aplicación real. Dentro de este campo, resaltan los reactores anaerobios de flujo ascendente; UASB por sus siglas en inglés o RAFA en español. Estos son reactores multifase en los cuales los microorganismos degradan los compuestos orgánicos del agua y generan biogás de forma eficiente, el cual, puede ser aprovechado por su capacidad calorífica, sin ocupar grandes cantidades de espacio (Pérez y Torres, 2008; Pérez *et al.*, 2016). Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el tratamiento de aguas residuales universitarias con un reactor de tipo UASB.

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

El agua residual a tratar en la presente investigación se obtuvo de una institución académica, USBI-UV. Una vez tomada la muestra inicial se realizó una caracterización para conocer el estado del agua en cuestión. Los parámetros a medir fueron pH; DQO, SST; SSV; SSF. Por su parte, el reactor utilizado en la presente investigación fue diseñado para realizar pruebas a nivel laboratorio, sus dimensiones son: 7.5 cm de diámetro interno, 53 cm de altura, 2.5 L de volumen y 2.3 L de volumen útil.

#### Montaje del reactor

Para su alimentación se empleó una bomba peristáltica de velocidad variable de la marca Masterflex junto con una manguera de la misma marca. Adicionalmente, este se equipó con un separador trifásico gas-sólido-líquido, construido a partir de un embudo plástico. Anticipadamente a lo antes descrito fue necesario realizar una trampa de CO<sub>2</sub>, la cual consistió en una barrera acuosa de NaOH 3 N, previa al marlotte flask para garantizar la pureza del metano. Posteriormente, se requirió retirar este obstáculo con la finalidad de tener ahora la captación del biogás total, por lo que se sustituyó la sosa por agua.

#### Determinación de las condiciones hidráulicas

La carga volumétrica aplicada (CVA) es el parámetro más importante a controlar/establecer al arranque y operación de un reactor. Con base en la literatura se sabe que estos pueden obtener un mejor resultado tanto en la remoción como en generación de biogás a menor carga volumétrica, esto debido a que al disminuir este factor el tiempo de retención hidráulico (TRH) aumenta propiciado un mayor tiempo de acción de los microorganismos presentes (Arango y Sanches, 2009). No obstante, cuando se fuerza el reactor a trabajar con CVA altas este aumenta su capacidad de granulación eliminando los lodos volátiles lo que puede tener repercusiones importantes. Con esto en mente, la presente investigación pretendió abarcar tres cargas distintas: 4, 8, y 12 g de DQO/L\*día. Finalmente, se midió la velocidad ascensional para cada CVA propuesta, esto se realizó midiendo el tiempo que tardaba en subir el efluente una



distancia establecida dentro del reactor. La siguiente tabla lista las condiciones de operación del reactor bajo las que realizaron los experimentos posteriores.

**Tabla 1.-** Condiciones hidráulicas de operación.

<b>CVA</b> [g DQO/L*día]	<b>Caudal</b> [L/h]	<b>TRH</b> [h]	<b>Velocidad ascensional</b> [m/h]
<b>4.0</b>	0.87	2.64	0.18
<b>8.0</b>	1.74	1.32	0.24
<b>12.0</b>	2.62	0.88	0.54

En la anterior Tabla se observa que para la velocidad ascensional las tres cargas volumétricas a evaluar se mantienen por debajo de 1 m/h, condición óptima para este tipo de reactores de acuerdo a los estudios previos de Haandel (1994). Esto se debe a que al aumentar la velocidad del efluente los gránulos quedan más expuestos a la acción abrasiva de las fuerzas de corte y a la erosión resultante de las condiciones hidrodinámicas dentro del reactor, llegando a ser fragmentados en partículas más pequeñas, las cuales pueden ser arrastradas por fuera del reactor. Sin embargo, es importante aclarar que, aunque las sobrecargas de velocidad pueden tener un efecto adverso en el lodo, este aún posee buenas características de sedimentación, lo que evita el arrastre total del mismo por fuera del reactor (Salazar *et al.*, 2012).

#### Inoculación de los lodos residuales

El siguiente paso fue la inoculación de los lodos residuales, 250 mL, mismos que fueron aclimatados con agua residual de baja concentración, 87 mg/L de DQO. Lo anterior fue realizado para adaptar los lodos al agua residual, pero también, para buscar fugas, tanto de agua como de gas, o desperfectos en el reactor.

#### Cuantificación del biogás generado

Para estimar la cantidad de biogás producido se colocó a la salida del reactor un marioite flask, durante el montaje del equipo, que permitió ver la acumulación de este durante el TRH respectivo para cada CVA, este parámetro fue estudiado por triplicado y fue repetido hasta alcanzar las mayores eficiencias. Por otro lado, para cuantificar la calidad del biogás, es decir, el porcentaje de metano total contenido en la muestra fue necesario realizar nuevamente el procedimiento antes mencionado con la diferencia que previo a la entrada del marioite flask existe una trampa de CO<sub>2</sub> formada por una sustancia acuosa de NaOH al 4 N, esto con la finalidad de que el CO<sub>2</sub> reaccione con la sosa formando agua y sal, pero al mismo tiempo permitiendo el paso del CH<sub>4</sub> puro. Finalmente, una vez obtenido el gas total y el porcentaje de metano se comparó el rendimiento, de manera teórica, sobre si este subproducto puede tener o no, un valor agregado, y con ello, se emitió un juicio sobre si este sistema tiene futuro dentro de la generación de biogás.



### Determinación de la eficiencia de remoción

Al terminar la operación del reactor en el tiempo de retención hidráulico establecido para cada prueba se tomó, por triplicado, una muestra de 100 mL en el efluente ya tratado, con la finalidad de corroborar si había habido o no alguna diferencia significativa entre la medida del agua sin tratar con la tratada. Los parámetros a evaluados en este trabajo fueron: el pH, la DQO, los SST, los SSV, los SSF, así como la producción de biogás. Todos los anteriores parámetros fueron realizados con base a los métodos establecidos según la normatividad vigente, siendo la nmx-aa-030-scfi-2001 y la nmx-aa-034-scfi-2015 las bases metodológicas del presente proyecto.

## Resultados y Discusión.

### Cuantificación del biogás generado

Se llevo a cabo tanto la evaluación de la cantidad como la calidad del biogás producido. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente Tabla.

**Tabla 2.- Estimación del biogás generado.**

CVA [g DQO/L*día]	Biogás Total [mL]	Metano [mL]	Calidad del biogás [ % de metano]
4	108.55	42.33	39
8	109.80	45.02	41
12	49.59	22.32	45

En un primer momento, se aprecia que en las bajas CVA; 4 y 8 g de DQO/L\*día, respectivamente; hay una buena producción de biogás superando los 100 mL. Sin embargo, para la última carga hubo un decrecimiento muy notorio que sugiere que el aumento en la carga volumétrica tiene implicaciones negativas en la producción de biogás, esto puede deberse a que hay una relación proporcionalmente indirecta entre el tiempo de retención hidráulico y la CVA, mientras una aumenta la otra disminuye, misma que acorta el tiempo del efluente en el reactor propiciando un menor tiempo para la producción de biogás tal como lo describieron Arango y Sanches (2009).

Por otra parte, para la captación meramente de metano, se puede notar nuevamente que la generación de este gas es menor entre la CVA aumenta. Se piensa que esto se debe a la falta de calor adicional, al volumen del reactor, y a la relativamente baja concentración de DQO, como se sabe los reactores UASB se crearon para tratar aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, pese a esto, se ha logrado colocar como un sistema eficiente para el agua residual doméstica y generación de metano, no obstante, diversos autores de entre los que destacan Gaviria *et al.* (2014) han descrito que esta tecnología tiende a bajar su eficiencia, tanto de remoción como de obtención de biogás cuando su concentración de DQO es baja.

No obstante, más allá de la cantidad de biogás obtenido, su calidad es el dato más importante. Sin embargo, a primera instancia se puede notar que también existe una baja calidad, según la FAO (2011) para que un biogás pueda ser inflamable y con ello ser aprovechable debe superar el 45 % de metano, datos que solo supera la última CVA.

En estudios similares, realizados en plantas ya establecidas de tratamiento de aguas residuales se han alcanzado porcentajes de metano de hasta el 82.4 %. Estas disparidades pueden deberse a la concentración, pero principalmente al volumen del reactor que permite tratar grandes cantidades de agua por largos periodos lo que de alguna manera aumenta la producción y calidad (Salazar-Larrota *et al.*, 2019). Pese a ello, si bien este proceso ha demostrado tener poca en generación de biogás aprovechable no hubo desperdicio energético, esto se resalta porque si bien hay múltiples estudios que obtienen buenas producciones de este subproducto se debe a que son efluentes específicos o que invierten una fuerte cantidad de dinero, misma que no les es redituable a la hora del aprovechamiento del biogás.

### Determinación de la eficiencia de remoción

La DQO representa la cantidad de materia orgánica presente en un cuerpo de agua. Para las aguas residuales de origen doméstico es normal que este parámetro se encuentre entre 250 y 1000 (Metcalf y Eddy, 2003). Ahora bien, con base en lo antes descrito se puede decir que la concentración del agua colectada, 439.5 mg/L, se encuentra dentro de un rango medio-bajo dentro de las aguas residual pero aun así se encuentra en una zona operable para un reactor UASB (Orozco Gaviria *et al.*, 2014). En la siguiente Tabla, se reportan los datos obtenidos de la demanda química de oxígeno postratamiento en la presente investigación junto con algunos otros valores adicionales.

**Tabla 3.- Remoción de contaminantes.**

CVA [g de DQO/L*día]	pH	DQO [mg/L]	Porcentaje de remoción de DQO	Sólidos suspendidos		
				Totales [mg/L]	Volátiles en [mg/L]	Fijos en [mg/L]
4	5.94	12.28	97.21	24.44	13.33	11.11
8	5.80	46.33	89.46	81.11	60.00	21.11
12	5.77	134.11	69.49	134.44	80.00	54.44

Cómo se puede observar existe cierta tendencia a disminuir los sólidos suspendidos y la DQO cuando la carga volumétrica es menor, esto puede deberse a que una CVA pequeña obliga a tiempos de retención hidráulica más largos lo que ocasiona mayor lapso para que los organismos presentes en el reactor puedan descomponer la materia orgánica existente, mismo fenómeno mencionado por Bedoya y Sanches (2009). No obstante, cabe destacar que todos los parámetros están por debajo de lo estipulado en el PROY-NOM-001-SEMARNAT lo que indica que es una buena alternativa. Lo anterior se reafirma con al apreciar que se logró alcanzar porcentajes de remoción de hasta el 98 % un dato bastante bueno comparando que Pacco *et al.* (2018) apenas lograron alcanzar 77.4 % de remociones pese a emplear CVA más bajas y por ende TRH más altos, con diferencia de que ellos lo realizaron a un nivel ya industrial.

### **Conclusiones.**

A escalas bajas, nivel laboratorio, en combinación con un efluente relativamente bajo en DQO no es redituable obtener biogás aprovechable debido a que a carga volumétricas pequeñas este es abundante, pero de con una calidad deficiente mientras

que a grandes cargas volumétricas el biogás pasa a tener una calidad aceptable pero mínima generación.

Se puede alcanzar altos niveles de remoción de contaminantes orgánicos, así como una notoria reducción de sólidos suspendidos conforme se disminuye las cargas volumétricas. No obstante, se recomienda un tratamiento posterior o bien aprovechamiento en riego agrícola debido a que muy posiblemente el efluente tenga altos niveles de nutrientes.

Finalmente, los reactores anaerobios de flujo ascendente son una excelente tecnología con un gran potencial debido a su simpleza en su diseño, operación y control lo que pese a no tener siempre los mejores rendimientos es una tecnología con un potencial real aplicable a centros educativos e incluso comunidades pequeñas.

### **Agradecimientos.**

Como alumno adscrito en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Boca del Río listada en el PNPC agradezco la beca otorgada por el CONACYT (966741). De igual manera, reconozco el apoyo brindado por amigos, colaboradores y toda persona que directamente o indirectamente apoyo con la realización de este trabajo. Finalmente, hago mención de las instituciones que respaldaron el presente proyecto, ITBoca y UV, con especial agradecimiento al Laboratorio de Gestión y Control de la Contaminación Ambiental.

### **Referencias**

1. Arango, O.; Sanches, L. *Bio. Sec. Agro.* 2009, 7, 24.
2. Fernández, A. *Quím. Viva.* 2012, 11, 147.
3. Houbron, E.; Canul, M.; González, G. I.; Rodríguez, A.; Rustrián, E.; Buendía, V. H. Veracruz, una década ante el cambio climático. Emiliano Zapata, 2020, 75-100.
4. Orozco, C.; Triviño, C.; Manrique, L. *UMNG.* 2014, 10, 170.
5. Pacco, A.; Vela, R.; Miglio, R.; Quipuzco, L.; Juscamaita, J.; Álvarez, C.; Fernández, F. *Sci. Agro.* 2018, 9, 381.
6. Pérez, A.; Torres, P. *Rev. Fac. Ing. UA.* 2008, 45, 27.
7. Pérez, J. I.; Aldana, G. J.; Rojano Alvarado, R. E. *Rev. Int. Con. Amb.* 2016, 32, 281.
8. Ramalho, R. S. *Tratamiento de aguas residuales.* Ed. Reverté SA. Barcelona, 1996.
9. Reynolds, K. A. *Agua Lat.* 2002, 1, 48.
10. Rojas, R. *GITAR.* 2002, 1, 1.
11. Salazar, L.; Uribe, L.; Gómez, L.; Zafra, C. *Rev. DYNA,* 2019, 86, 319.
12. Salazar, M. L.; Barceló, I. D.; Domingues, A. *Ing.* 2012, 16, 109.
13. Haandel, A. C. *Water Sci. Technol.* 1994, 30, 23.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021.** El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

# IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ESPECIES INVASORAS CON ESTABLECIMIENTO LOCAL. ESTUDIO DE CASO DE LA LAGARTIJA CUBANA *Anolis sagrei* EN EL SURESTE DE TAMAULIPAS

J. Perez-González<sup>1</sup>, A. L. Avilés-Mariño<sup>2</sup>, A. E. Vite-Ramírez<sup>2</sup>, E. C. Maya-Albarrán<sup>2</sup>, y R. E. Martínez-Grimaldo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Licenciatura de Biología del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Altamira, Carretera Tampico - Mante, Km 24.5. C.P. 89600, Altamira, Tamps..

[joselyn\\_evee13@hotmail.es](mailto:joselyn_evee13@hotmail.es), <sup>2</sup>Departamento de Ingenierías del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Altamira, Carretera Tampico - Mante, Km 24.5. C.P. 89600, Altamira, Tamps.. [ana.am@altamira.tecnm.mx](mailto:ana.am@altamira.tecnm.mx), [alfredo.vr@altamira.tecnm.mx](mailto:alfredo.vr@altamira.tecnm.mx), [kika\\_cecilia@hotmail.com](mailto:kika_cecilia@hotmail.com),

<sup>3</sup>Departamento de Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Calle 608 No. 300 y Av. 412, Col. San Juan de Aragón, Alcaldía. Gustavo A. Madero, C.P. 07470, México, CDMX. [ramon.mg@gamadero.tecnm.mx](mailto:ramon.mg@gamadero.tecnm.mx)

**Área de participación:** *Tecnología Ambiental*

**Resumen:** Una de las mayores amenazas para la biodiversidad nativa es la introducción, intencional o accidental, de especies exóticas invasoras a los ecosistemas naturales, debido a que desarrollan un comportamiento colonizador que desplaza a especies nativas con nichos ecológicos similares. De las especies que ya se encuentran naturalizadas en México, la lagartija de origen cubano, *Anolis sagrei* representa un riesgo serio para la biodiversidad, debido a que ya cuenta con poblaciones documentadas a lo largo del territorio nacional. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento sobre algunos aspectos ecológicos en una población que habita la Estación Biológica del Instituto Tecnológico de Altamira. El estudio se llevó a cabo, en los meses de septiembre a noviembre, del año 2019. Se avistaron un total de 21 lagartijas (11 hembras y 10 machos), a las que se les registró diversos aspectos ecológicos sobre el uso de su microhábitat, y su ecología térmica. Para todos los parámetros de ocupación del microhábitat, los resultados sugieren que *A. sagrei*, es una lagartija sin ningún tipo de preferencia, por lo que abarca una gama amplia de espacios. Por otro lado, con la evaluación térmica al correlacionar la temperatura corporal con las temperaturas ambientales (sustrato y aire), se concluye que es una lagartija termoconformista con una forma de obtención de calor mediante la tigmotermia. El presente estudio contribuye al conocimiento general que ayudará en un futuro a la toma de decisiones sobre la mitigación de esta exitosa especie invasora.

## Introducción.

Una de las mayores amenazas para la biodiversidad nativa es la introducción, intencional o accidental, de especies exóticas (no nativas) a los ecosistemas naturales. Estas especies consideradas invasoras, desarrollan un comportamiento colonizador que desplaza a especies nativas con nichos ecológicos similares, o depredando a otras con una voracidad que no permite que sus poblaciones se recuperen y, en el peor de los casos, las alteraciones que generan causan graves daños a los ecosistemas, como son cambios en la estructura y composición de las comunidades bióticas, así como en su funcionamiento, la pérdida de poblaciones silvestres, la reducción de la diversidad genética y la transmisión de enfermedades que, en el peor de los casos, afectan la salud humana además de la flora y fauna silvestres (Hoffmeister *et al.*, 2005; Suárez & Tsutsui, 2008; Mooney & Cleland, 2011).

México posee una alta riqueza específica de reptiles, lo que lo posiciona en el segundo lugar a nivel mundial en número de especies. Tan sólo, en el 2014, se tenían registradas 417 especies de lagartijas (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014), y año con año continúan describiéndose nuevas especies (eg. Clause *et al.*, 2020; Ramírez-Reyes *et al.*, 2021). Empero, al menos diez especies son consideradas exóticas (González-Sánchez *et al.*, 2021) y, adicionalmente, de acuerdo con Yañez-Arenas *et al.* (2016), en México se han identificado al menos seis especies más con potencial invasor. De las especies que ya se encuentran naturalizadas, *Anolis sagrei* representa un riesgo serio (Yañez-Arenas *et al.*, 2016), debido a que ya cuenta con poblaciones documentadas ya establecidas en nuestro territorio nacional (Martínez-Grimaldo *et al.*, 2018).

A pesar de que se conoce el riesgo de esta invasión, aún se desconocen los impactos que esta lagartija pudiera tener sobre la erosión de la biodiversidad nativa, por lo que resulta de importancia conocer cuáles son sus características ecológicas que le permiten colonizar y ampliar su rango de distribución en México. Con base en lo anterior, el objetivo principal del presente trabajo fue contribuir al conocimiento sobre la especie exótica invasora *A. sagrei* en el sureste de Tamaulipas, a partir de la recopilación de datos sobre algunos aspectos ecológicos sobre el microhábitat de una población de esta especie en Altamira, Tamaulipas.

### **Sección Experimental y Fundamento Teórico.**

El estudio se realizó en la Estación Biológica del Instituto Tecnológico de Altamira (EB-ITA), el cual se encuentra en las coordenadas geográficas decimales 22.4264 N y 97.9450 W (datum WGS 84), a una altitud de 20 msnm. La vegetación predominante corresponde a selva baja caducifolia, con vegetación secundaria de mezquital, y además de encontrarse un humedal de carácter temporal, que en el estiaje se seca completamente (Vite-Ramírez *et al.*, 2019).

Debido a su ubicación geográfica y al tipo de cobertura vegetal que alberga, la EB-ITA sostiene una diversidad importante de lagartijas. De las 22 especies registradas para el municipio de Altamira, Tamaulipas, ocho han sido reportadas en el área de estudio (Avilés-Mariño *et al.*, 2020), de las cuáles, la lagartija invasora *A. sagrei* cuenta ya con poblaciones ya establecidas.

*Anolis sagrei* es una lagartija de invasora de origen cubano, cuya posible colonización se debió a causas de actividades antrópicas (Campbell, 1996). Su talla es mediana, moderadamente robusta con hocico corto, con longitudes que van de los 55 a los 60 mm en machos y de 40 a 45 mm en las hembras. Poseen cola y garras largas. A diferencia de otras lagartijas del género, que se encuentran en la región, las escamas del dorso medio se encuentran aumentadas y quilladas, mientras que las escamas laterales son pequeñas y granulares; además, las escamas ventrales son quilladas y mucho más grandes que las del dorso medio; y las escamas supra-caudales son quilladas y muy conspicuas en machos. La coloración dorsal es muy variable pero generalmente son café o gris con manchas oscuras, barras o manchones (Álvarez-Romero *et al.*, 2005). Las hembras varían en sus colores, algunas tienen una línea vertebral y otras tienen un patrón de barras (Figura 1; Schoener & Schoener, 1976). Los



machos despliegan un abanico gular rojo intenso, durante el cortejo y la defensa de su territorio (Álvarez-Romero *et al.*, 2005).



Figura 1. Ejemplares hembra y juvenil de *Anolis sagrei*. Se puede observar el patrón polimórfico dorsal de diamantes descrito por Schoener & Schoener (1976), en la hembra.

Mensualmente, entre septiembre y noviembre del año 2019, la especie exótica se buscó mediante identificaciones focales aleatorias, y cuando se avistó alguna, inmediatamente fue colectada e *in situ* se registró su sexo, su longitud hocico-cloaca (LHC, con ayuda de un vernier  $\pm 0.01$  mm), su peso (con ayuda de una balanza de precisión  $\pm 0.1$  g) y su temperatura corporal vía cloacal (con ayuda de un termómetro Fluke con una precisión de  $\pm 2$  °C). Además, se registraron los siguientes aspectos ecológicos de su microhábitat:

- a) Sustrato de la percha: se registró el tipo de sustrato de la percha (hojarasca, materia vegetal en descomposición, tronco, ramas, hojas, roca), superior a los 10 cm de altura en el que se encontraba cada organismo.
- b) Comportamiento de percheo y exposición: se registró el estado de asoleamiento que los organismos se encontraban adoptando al momento de ser identificados, si estaban tomando el sol directamente o si se encontraba perchando a la sombra; con respecto a la exposición, se registró la orientación que estos se estaban adoptando vertical (viendo hacia arriba o hacia abajo) u horizontalmente (si se encuentra con el vientre en contacto directo con el sustrato).
- c) Altura de la percha: la percha ocupada se estratificó verticalmente cada 10 cm, en un intervalo de 0 a 200 cm, y se registró la altura en la que el organismo se encontraba al momento de cada observación.
- d) Temperatura del sustrato (TS) y la Temperatura del aire (TA): se registraron con un termómetro Fluke con una precisión de  $\pm 2$  °C; ambas son tomadas en dónde se encuentre al organismo.

Finalmente, todos los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente en Microsoft Excel 2013.



## Resultados y Discusión.

Se registraron un total de 21 lagartijas (11 hembras y 10 machos). La talla promedio (LHC) de la población muestreada fue de  $55.3 \pm 3.36$  mm; mientras que su peso promedio fue de  $3.18 \pm 1.13$  g; y su temperatura corporal fue de  $29.3 \pm 2.6$  °C. La tabla 1, muestra la evaluación promedio por sexo de la muestra.

Tabla 1. Valores medios de la talla (LHC), peso y temperatura corporal de las lagartijas, de *A. sagrei*, muestreadas en el presente estudio.

Sexo	LHC (mm)	Peso (g)	Tc (°C)
Hembras (n = 11)	$50.91 \pm 2.2$	$3.18 \pm 1.13$	$29.28 \pm 2.59$
Machos (n = 10)	$60.01 \pm 4.6$	$3.38 \pm 1.08$	$29.25 \pm 2.65$

Se identificaron diez tipos diferentes de sustrato en los que se localizaron a los individuos muestreados (Figura 2a), siendo los bloques de concreto y los árboles los sustratos donde mayor frecuencia de avistamientos se dieron.

En la figura 2b se puede observar que la mayoría de las lagartijas registradas tuvieron una exposición a la sombra (n = 14), con respecto a las que se encontraron expuestas directamente al sol (n = 7); además, se observa que siete individuos se encontraron perchando verticalmente con una vista hacia arriba, mientras que cuatro con una vista hacia abajo y diez individuos fueron registrados con una vista horizontal con respecto al sustrato de percha.

La altura de la percha de la mayoría de los avistamientos (n = 9) fue menor a los 10 cm, y solamente dos individuos se registraron con una altura de la percha mayor a un metro (Figura 2c).

Las temperaturas promedio del aire (TA) y del sustrato (TS), registradas para los avistamientos, fueron de  $26.6 \pm 3$  °C (22.3 – 33.8 °C) y  $27.8 \pm 3.5$  °C (23.3 – 36.3). Con respecto a la correlación de la temperatura corporal de los individuos registrados, se identifica una correlación positiva significativa entre ambas temperaturas ambientales,  $R^2_{(TC-TA)} = 0.6422$  y  $R^2_{(TC-TS)} = 0.7006$ , respectivamente, (Figura 2d y e); siendo mayor la correlación entre TC-TS, lo que indica que la forma de obtención de calor es mediante la tigmotermia (Woolrich-Piña *et al.*, 2006).

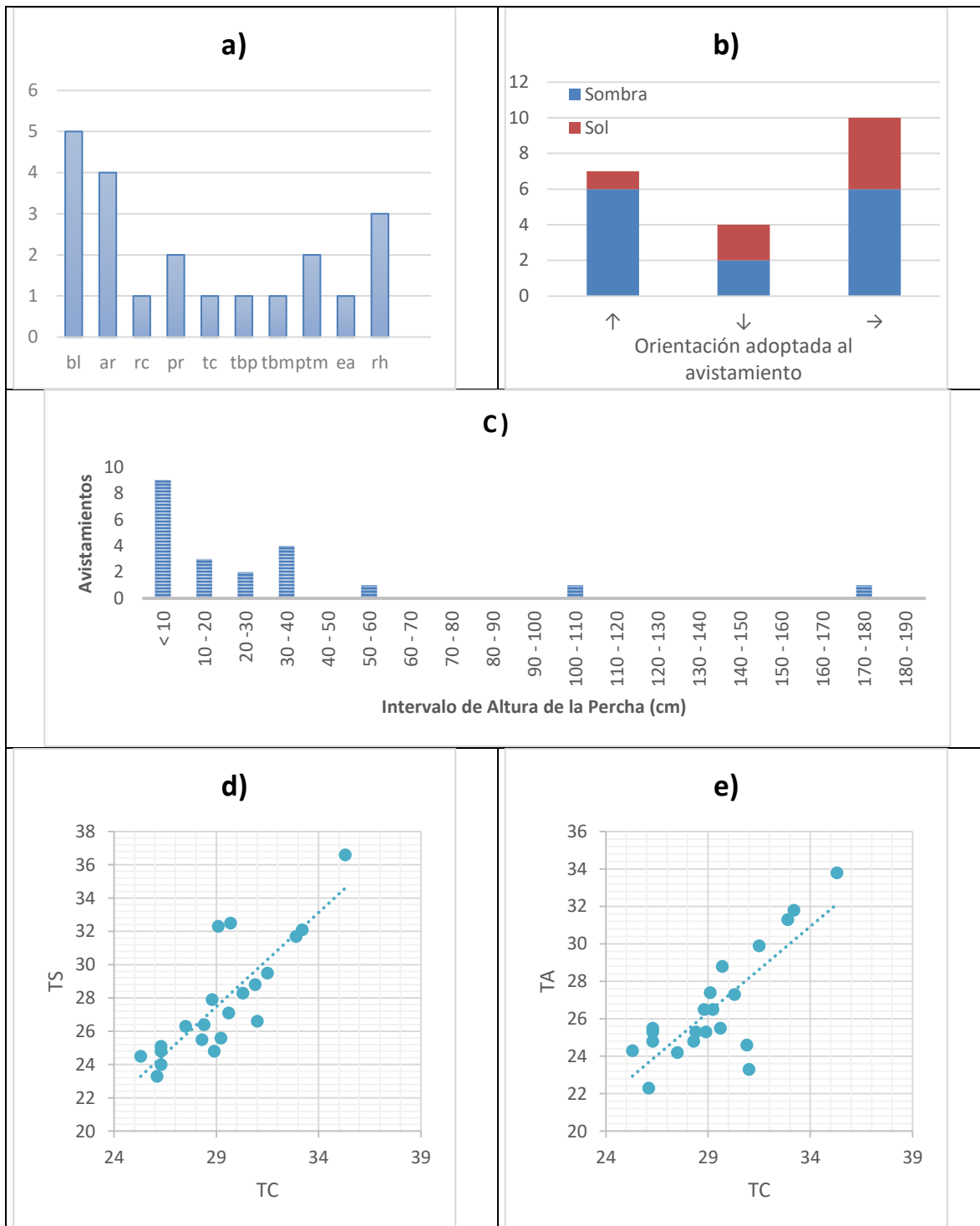


Figura 2. Aspectos ecológicos evaluados para la muestra reportada de la especie invasora *Anolis sagrei*, de la población establecida en la EB-ITA. a) Sustrato de avistamiento (bl: Bloque de concreto; ar: árbol; rc: roca; pr: pared de concreto; tc: techo de concreto; tbp: tubería de plástico; tbm: tubería de metal; ptm: poste de madera; rh: registro); b) Registros de avistamientos por Estratificación de la altura de la percha; c) Comportamiento de la orientación del percheo (disposición horizontal [→], o vertical con vista hacia arriba [↑] ó hacia abajo [↓]) y exposición de asoleamiento (a la sombra o directamente al sol); d) Correlación entre la temperatura corporal (TC) y la temperatura del sustrato (TS); e) Correlación entre la temperatura corporal (TC) y la temperatura del aire (TA).

A partir de los resultados obtenidos de temperatura, para esta población, con base en el criterio Huey & Slatkin (1976), *A. sagrei* tiene una estrategia termoconformista, debido a que, la ecuación de la regresión lineal, en ambos casos (TA-TC y TS-TC), el valor de la pendiente es cercano a uno ( $T_c = 0.9176 T_a - 0.2733$ , Figuras 5; y  $T_c = 1.1294 T_s - 5.2755$ ).

La multi ocupacionalidad del uso del microhábitat que se registró en el presente estudio, así como el carácter termoconformista identificado para la población evaluada, son algunos de los indicadores que hacen inferir que la especie es generalista, una de las principales características de las especies invasoras ().

El carácter generalista (Losos *et al.*, 1993), así como su alta fecundidad (Martínez-Grimaldo *et al.*, 2008), son algunas de las características que se han logrado identificar en las poblaciones establecidas de *A. sagrei*, en las regiones que ha invadido (Campbell, 1996). Sin embargo, aún falta evaluar cómo este potencial invasor, en el caso particular del uso del microhábitat, le da ventaja sobre las especies nativas para competir por los nichos ecológicos de la región.

En estudios realizados en Taiwan (Norval *et al.*, 2010) y en California, EE UU (Fisher *et al.*, 2020) han demostrado que, al ser generalista, *A. sagrei* tiene mayor rango de selección de dieta, lo que pone en desventaja a los organismos especialistas en este recurso. Sin embargo, para el presente estudio no podemos asegurar que sea este parámetro el que ha llevado a la naturalización para el sureste de Tamaulipas. Por lo que sugerimos, que en futuros estudios sea considerada también un análisis de la dieta de esta especie a lo largo del año, ya que como es sabido, en la zona existe una marcada estacionalidad que se ve reflejada en los recursos disponibles de la selva baja caducifolia, y como se ha reportado, esta lagartija parece tener amplia presencia poblacional a lo largo del año.

### **Conclusiones.**

Al menos durante la temporada muestreada, *Anolis sagrei*, es una especie con hábitos generalistas para el uso del microhábitat.

La evaluación térmica realizada a la población, indica que para el área de estudio su preferencia de obtención de calor es por tigmotermia, mediante un comportamiento termoconformista.

Con el presente estudio se incrementa el conocimiento de la ecología de esta especie invasora para la región del sureste de Tamaulipas.

### **Agradecimientos.**

A las autoridades del Tecnológico Nacional de México, tanto del Instituto Tecnológico de Altamira, como del Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero.

## Referencias.

1. Álvarez-Romero, J., R. A. Medellín, H. Gómez de Silva & A. Oliveras de Ita. (2005). *Anolis sagrei*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F. 2005.
2. Avilés-Mariño, A. L., E. C. Maya-Albarrán, R. E. Martínez Grimaldo, A. E. Vite-Ramírez & J. Pérez-González. (2020). Listado de la fauna de lacertilidos del Instituto Tecnológico de Altamira. En Academia Mexicana Multidisciplinaria, A.C. (editor), La investigación científica y tecnológica impulsando la creatividad para innovar: 34-39.
3. Campbell, T. S. (1996). Northern range extension of the Brown Anole (*Anolis sagrei*) in Florida and Georgia. *Herpetological Review* 27. 1996:155-156.
4. Clause, A. G., Luna-Reyes, R., & Nieto-Montes de Oca, A. (2020). A New Species of *Abronia* (Squamata: Anguillidae) from a Protected Area in Chiapas, Mexico. *Herpetologica*, 76(3), 330-343.
5. Fisher, S. R., Del Pinto, L. A., & Fisher, R. N. (2020). Establishment of brown anoles (*Anolis sagrei*) across a southern California county and potential interactions with a native lizard species. *PeerJ*, 8, e8937.
6. Flores-Villela, O., & García-Vázquez, U.O. (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Rev. Mex. Bio*, 85, 467-475.
7. González-Sánchez, V. H., Johnson, J. D., González-Solís, D., Fucsko, L. A., & Wilson, L. D. (2021). A review of the introduced herpetofauna of Mexico and Central America, with comments on the effects of invasive species and biosecurity methodology. *ZooKeys*, 1022, 79.
8. Hoffmeister, T. S., Vet, L. E., Biere, A., Holsinger, K., & Filser, J. (2005). Ecological and evolutionary consequences of biological invasion and habitat fragmentation. *Ecosystems*, 8(6): 657-667.
9. Losos, J. B., J. C. Marks, & T. W. Schoener. (1993). Habitat use and ecological interactions of an introduced and a native species of *Anolis* lizard on Grand Cayman, with a review of the outcomes of anole introductions. *Oecologia* 95:525-532.
10. Martínez-Grimaldo, R. E., E. C. Maya-Albarrán y A. L. Avilés-Mariño. (2018). Conocimiento actual sobre el éxito colonizador de la lagartija exótica invasora *Anolis sagrei*. El caso de su reciente establecimiento en el sureste de Tamaulipas. En: Academia Mexicana Multidisciplinaria A. C. (editor). *Lo Multidisciplinario Impulsando la Creatividad para Innovar*: 275-301.
11. Mooney, H. A. & E. E. Cleland. (2011). The evolutionary impact of invasive species, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 98(10): 5446-5451.
12. Norval, G., Hsiao, W. F., Huang, S. C., & Chen, C. K. (2010). The diet of an introduced lizard species, the brown anole (*Anolis sagrei*), in Chiayi County, Taiwan. *Russ. J. Herpetol*, 17(2), 131-138.
13. Ramírez-Reyes, T., Barraza-Soltero, I. K., Nolasco-Luna, J. R., Flores-Villela, O., & Escobedo-Galván, A. H. (2021). A new species of leaf-toed gecko (Phyllodactylidae, *Phyllodactylus*) from María Cleofas Island, Nayarit, Mexico. *ZooKeys*, 1024, 117.
14. Schoener, T. W., & Schoener, A. (1976). The ecological context of female pattern polymorphism in the lizard *Anolis sagrei*. *Evolution* 30(4): 650-658.
15. Suarez, A. V., & Tsutsui, N. D. (2008). The evolutionary consequences of biological invasions. *Molecular Ecology*, 17(1), 2008: 351-360.
16. Vite-Ramírez, A. E., F. Illescas-Martínez, L. Jaime-Peña y A. L. Avilés-Mariño. (2019) Descripción de salamandras que habitan en la Estación Biológica del Instituto Tecnológico de Altamira, Tam., México. *Exploratoris* 8 (1) 206-2011.
17. Woolrich-Piña, G. A., J. A. Lemos-Espinal, L. Oliver-López, M. E. Calderón-Méndez, J. E. (2006). Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Iguanidae: Phrynosomatinae) que ocurre en la zona centro-oriente de la Ciudad de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 22:137-150.
18. Yáñez-Arenas, C., L. Díaz-Gamboa, A. Rodríguez-Pérez, A. Salmerón-Flores, C. Patrón-Rivero, K. López-Reyes, E. Rodríguez-Silva, K. Rodríguez-Medina, A. Buenfil-Ávila, & Z. Naviat-Uc. (2016). Análisis de riesgo de reptiles con potencial invasor en México. Informe final entregado a la CONABIO y al PNUD en el marco del proyecto GEF 0097333 "Aumentar las Capacidades Nacionales para el

Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". Unidad Académica de Yucatán - UNAM, México. 90 pp. + 5 Anexos.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE BIOREMOCIÓN DEL COLORANTE ROJO DE METILO CON BIOMASA LIBRE E INMOVILIZADA

L. I. Puente-Luna<sup>1</sup>, I. Castro-González<sup>1</sup>, M. E. Alemán-Huerta<sup>1</sup>, K. Arévalo-Niño<sup>1</sup>, V. Almaguer-Cantú<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio L10, Instituto de Biotecnología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ave Universidad, Cd Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. [0934597@uanl.edu.mx](mailto:0934597@uanl.edu.mx), [icastrog@uanl.edu.mx](mailto:icastrog@uanl.edu.mx) [maria.alemanhr@uanl.edu.mx](mailto:maria.alemanhr@uanl.edu.mx) [katiushka.arevalonn@uanl.edu.mx](mailto:katiushka.arevalonn@uanl.edu.mx) [veronica.almaguerct@uanl.edu.mx](mailto:veronica.almaguerct@uanl.edu.mx)

*Área de participación: Tecnología Ambiental*

**Resumen:** Los pigmentos textiles son un gran problema para el medio ambiente, debido a que contaminan grandes cantidades de agua, además de que es difícil eliminarlos del medio. Los colorantes azo, abarcan la mayoría de estos pigmentos los cuales pueden ser mutagénicos y carcinogénicos. Entre los métodos de tratamiento biológicos se encuentra la biosorción, la cual presenta muchas ventajas contra los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. El uso de biomasa fúngica como material biosorbente ha presentado buenos resultados, es por esto que en este trabajo se presenta una investigación que involucra al género de hongos *Penicillium* en la remoción de rojo de metilo (RM) utilizando biomasa inactiva libre e inmovilizada en alginato de calcio. Los datos obtenidos de acuerdo a los experimentos realizados fueron analizados mediante el modelo matemático de pseudo primer y pseudo segundo orden y se encontró que la biomasa potencia su capacidad de adsorción cuando se inmoviliza en alginato de calcio, en la cinética de 40°C los datos ajustados al modelo presentan mayor  $q_e$  que va de 0.975 mg·g<sup>-1</sup> a 2.019 mg·g<sup>-1</sup>.

### Introducción.

En la actualidad existen muchos tipos de contaminación; en las aguas es uno de los mayores problemas mundiales. Estas han sido contaminadas por las industrias por mucho tiempo y en grandes cantidades, es por esto que hay una alta cantidad de diversos contaminantes en las aguas. Existe una amplia variedad de colorantes sintéticos usados en la industria textil, del papel, alimenticia, plásticos, cosméticos, caucho e imprenta (Yagub, Sen, Afroze, & Ang, 2014). Actualmente se producen más de  $7 \times 10^5$  toneladas de colorantes y más de 10,000 tipos de pigmentos al año, de los cuales más de un 10% es perdido durante el proceso industrial (Erden, Kaymaz, & Pazarlioglu, 2011).

El uso de colorantes por su rápida síntesis ha incrementado en los últimos años, aquellas aguas que son contaminadas con colorantes textiles son de las más difíciles de tratar ya que se caracterizan por alta alcalinidad, demanda de oxidación biológica, demanda de oxidación química y sólidos totales disueltos (Srinivasan & Viraraghavan, 2010).

Además, los colorantes usados en las diferentes industrias causan grave daño al ambiente ya que reducen la penetración de la luz y por lo tanto se reduce la fotosíntesis, también son un problema para la salud pública; se ha demostrado que ciertos colorantes azo pueden ser carcinogénicos y/o mutagénicos, y que sus productos pueden resultar tóxicos. (Maurya, Mittal, Cornel, & Rother, 2006; Yagub et al., 2014). Es debido al alto impacto de estos en las aguas que se buscan métodos amigables con el ambiente para eliminarlos.



Para el tratamiento de estas aguas contaminadas existen diferentes métodos ya sean físicos, químicos o biológicos, entre estos últimos se destacan la biosorción, biodegradación y métodos enzimáticos. Recientemente diversos estudios se han enfocado en el uso de biomateriales que son capaces de absorber los colorantes de las aguas (Fu & Viraraghavan, 2001; Srinivasan & Viraraghavan, 2010).

La biosorción es uno de los procesos más efectivos para el tratamiento de estas aguas, este método es usado por las industrias para reducir contaminantes orgánicos e inorgánicos peligrosos presentes en el agua (Juwarkar & Yadav, 2010; Yagub et al., 2014).

Ciertos tipos de biomasa pueden retener altas cantidades de iones metálicos u otros contaminantes por adsorción pasiva o acomplejamiento, esto es comúnmente conocido como adsorción el cual es una interacción físico-química no directa entre el contaminante y la biomasa. La biosorción como un método biológico para el control ambiental, facilita el tratamiento de aguas contaminadas. También ofrece muchas ventajas sobre los tratamientos convencionales incluyendo costo, eficiencia, minimización de químicos, requerimientos de nutrientes adicionales y regeneración de biosorbentes con posibilidad de recuperación de metales (Garzón Jiménez, 2009; Juwarkar & Yadav, 2010).

Para estudiar los mecanismos de adsorción, varios modelos cinéticos han sido propuestos. Estos modelos han descrito el orden de reacción de los sistemas de adsorción basados en concentraciones de una solución. Estos modelos incluyen el de pseudo primer y pseudo segundo orden.

La cinética de adsorción depende de la interacción adsorbato-adsorbente y la condición del sistema ha sido estudiada para la aplicación en el control de la contaminación del agua.

La caracterización del biosorbente también forma parte importante en estos estudios ya que se evalúa su capacidad como biorremediador y se proporciona información de cepas utilizadas.

En este trabajo se estudia el efecto de la biosorción del colorante rojo de metilo en muestras preparadas en el laboratorio y utilizando como biosorbente biomasa de *Penicillium*.

## **Sección Experimental.**

*Preparación de biomasa.* La cepa de *Penicillium* a utilizada pertenece a la colección de hongos del laboratorio L-10 del Instituto de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas perteneciente a la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, recolectada del mismo estado. Para la activación de la cepa. Se inoculó en dos tubos de ensayo con la solución salina, 1 ml de la solución de esporas de *Penicillium* refrigerada a 4°C. Se dejó en incubación por 24 h, 150 rpm, 30°C. Se sacó de incubación y a partir de este inóculo se produjo la biomasa. Para la producción de biomasa se utilizó 3 L de caldo patata dextrosa dosificado en matraces con 100 ml, los cuales fueron incubados por 7 días a 30 °C y 150 rpm. Una vez terminado este período se prosiguió a llevar a cabo la separación de la biomasa a través de la técnica de filtración a vacío. La biomasa obtenida se llevó a horno de secado a 60 °C por un tiempo de 48 h. una vez seca la biomasa se pulverizo en mortero de porcelana y se prosiguió con los ensayos de remoción.

**Bioensayos: cinéticas de *Penicillium libre*.** Se añadieron 10 mg de la biomasa en tubos de ensayo y se le agregaron 10 ml de RM a 5 ppm y pH 3. Se dejaron en agitación a 150 rpm en tiempos de 5, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min, cada uno por triplicado a una temperatura de 40°, 20° y 10° C.

**Bioensayos: cinéticas de alginato de calcio.** Se prepararon 200 ml de alginato de sodio al 3%. Se dejó gotear la solución de alginato en el cloruro de calcio 0.1 M con ayuda de una bomba peristáltica, manteniendo un flujo y agitación constante, de esta forma se obtuvieron los pellets de alginato de calcio. Las cinéticas se realizaron colocando 10 pellets en tubos de ensayo. Se les agregó la solución de RM (5ppm, pH3). Se evaluaron tiempos de 5, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min, todos a 150 rpm y cada tiempo con triplicados a temperaturas de 40°, 20° y 10°C

**Bioensayos: cinéticas de *Penicillium inmovilizado*.** Se prepararon 200 ml de una solución 1:1 de alginato de sodio al 3% y biomasa de *Penicillium* seca. Se dejó gotear esta solución en el cloruro de calcio 0.1 M con ayuda de una bomba peristáltica, manteniendo un flujo y agitación constante, de esta forma se obtuvieron los pellets. Las cinéticas se realizaron colocando 10 pellets en tubos de ensayo. Se les agregó la solución de RM (5ppm, pH3). Se evaluaron tiempos de 5, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min, todos a 150 rpm y cada tiempo con triplicados a temperaturas de 40°, 20° y 10°C

**Determinación analítica:** Para la cuantificación de la concentración residual se utilizó un espectrofotómetro *Thermo Fisher Scientific Modelo Evolution 60S*. Para la curva de calibración se realizaron diluciones a 1, 2, 2.5, 3, 4 y 5 ppm de RM. Se tomaron 3 ml de las muestras y se leyeron a una longitud de onda de 500 nm.

**Análisis de los datos obtenidos.** Los datos obtenidos fueron analizados en términos de la capacidad de adsorción que presentó el material biosorbente con el que se realizaron los ensayos de biosorción. Posteriormente fueron ajustados a los modelos matemáticos de cinéticas de pseudo-primer orden y pseudo-segundo orden. Los experimentos realizados se trabajaron con un diseño factorial 3<sup>2</sup>. Donde las variables que se analizaron fueron temperatura y material biosorbente en tres niveles de trabajo. Para el material biosorbente se analizó con la biomasa de *Penicillium* inactiva libre, con esferas de alginato de calcio, y con biomasa de *Penicillium* inactiva inmovilizada en alginato de calcio en una relación 1:1 biomasa:alginato. Las temperaturas de trabajo fueron 10°C, 20°C y 40°C. El parámetro de respuesta utilizado fue la capacidad de adsorción en equilibrio,  $q_e$ , realizando un ANOVA para encontrar diferencias significativas entre las respuestas.

## Resultados y Discusión.

**Cinéticas de adsorción.** Los datos obtenidos de la concentración residual de RM en la cinética de adsorción fueron analizados en términos de la capacidad de adsorción ( $q_t$ , mg/L) de *Penicillium* por el RM, utilizando la ecuación

$$q_t = \frac{(C_o - C_t)V}{g_b} \quad (1)$$

Donde  $q_t$  es capacidad de adsorción a cierto tiempo,  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,  $C_o$  es concentración inicial de RM,  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $C_t$  es concentración final de RM,  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $V$  es el volumen de muestra,  $L$  y  $g_b$  es la cantidad de biomasa utilizada,  $g$ .

Los datos de  $q$  obtenidos se muestran demostraron que  $q_t$  incrementa conforme aumenta el tiempo de contacto utilizando los diferentes sistemas de biosorción propuestos. La figura 1 muestra el comportamiento de  $q$  con respecto al tiempo en donde se observa que el equilibrio se alcanza en menor tiempo utilizando *Penicillium* libre, así como también se puede observar que el alginato solo, también presenta buena capacidad de remoción del colorante.

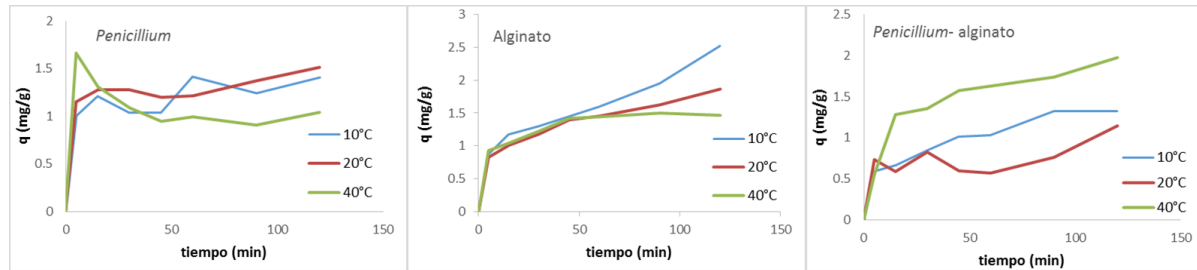


Figura 1. Capacidad de adsorción de RM a diferentes tiempos de acuerdo al tipo de biosorbente

*Ajuste a modelos de cinética.* Estos datos fueron ajustados al modelo de cinética de pseudo primer orden, La cinética de adsorción es descrita por el modelo de pseudo-primer orden de Lagergren (Ho, 2004). La ecuación diferencial está generalmente expresada como:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \quad (2)$$

Donde  $q_e$  y  $q_t$  son las capacidades de adsorción en equilibrio y en tiempo  $t$ , respectivamente ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ),  $k_1$  es la velocidad constante de pseudo-primer orden ( $L\cdot\text{min}^{-1}$ ). Integrando la ecuación para las condiciones limitantes  $t = 0$  a  $t$  y  $q_t = 0$  a  $q_t$  da la siguiente ecuación

$$\log\left(\frac{q_e}{q_e - q_t}\right) = \frac{k_1}{2.303} t \quad (3)$$

Y puede ser reordenada para obtener la siguiente ecuación

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2.303} t \quad (4)$$

los resultados de los valores de  $q_e$  y  $K_1$  se presentan en la tabla 1 donde se observa que la  $q_e$  es mayor en el sistema de alginato a  $10^\circ\text{C}$  y *Penicillium*-alginato a  $40^\circ\text{C}$ , sin embargo los valores de la  $K_1$  para alginato a  $10^\circ\text{C}$  se presentaron en valor negativo al igual que la regresión lo cual nos indica que el modelo no explica el fenómeno que ocurre en esta condición, ya que al igual la regresión para el sistema *Penicillium*-alginato tiene una correlación muy baja. Así mismo se utilizó el modelo de pseudo segundo orden. La ecuación de equilibrio (4) está dada generalmente como:

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_e - q)^2 \quad (5)$$

Donde  $k_2$  ( $\text{g} (\text{mg}\cdot\text{min})^{-1}$ ) es la constante de velocidad,  $q_e$  y  $q$  son las cantidades de iones metálicos adsorbidos a un tiempo y en el equilibrio (Ho, 2006). Integrando la ecuación con respecto a las condiciones limitantes  $q = 0$  a  $t = 0$  y  $q_e$  a  $t = t$  se obtiene la siguiente fórmula:

$$\frac{t}{q} = \left(\frac{l}{k_2 q_e^2}\right) + \left(\frac{1}{q_e}\right) t \quad (6)$$

en donde se pudo observar que los valores de  $q_e$  presentaban similitud a los valores obtenidos en el ajuste al modelo de pseudo primer orden, sin embargo, el ajuste al modelo lineal fue mejor para la cinética de pseudo segundo orden (tabla 1).

Tabla 1. Valores ajustados al modelo de pseudo-primer orden y al de pseudo-segundo orden

	T °C	<i>Penicillium</i> libre			Alginato			<i>Penicillium</i> -Alginato		
		10 °C	20 °C	40 °C	10 °C	20 °C	40 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Pseudo primer orden	$K_1$	0.006	0.929	-2.299	-2.856	1.839	1.483	3.698	0.733	0.689
	$q_e$	1.038	1.197	1.420	1.678	0.947	1.079	0.632	0.741	1.492
	$R^2$	71.446	62.431	-43.39	-77.43	97.790	95.505	96.180	40.798	17.382
Pseudo segundo orden	$K_2$	0.159	0.160	-0.949	0.024	0.050	0.177	0.060	0.084	0.049
	$q_e$	1.383	1.469	0.975	2.461	1.875	1.524	1.403	0.978	2.019
	$R^2$	98.912	99.013	99.407	96.022	98.763	98.797	98.854	93.819	94.030

Estos datos corroboran que el proceso de remoción del RM obedece a un sistema de transferencia de masa en superficie para los tres sistemas utilizados a las diferentes temperaturas de trabajo ya que se ajustan mejor al modelo de pseudo segundo orden. Así mismo se puede establecer que la capacidad de adsorción de *Penicillium* se ve afectada en el sistema de inmovilización ya que disminuyo de 1.469 mg/g a 0.978 mg/g y que la constante de velocidad también se ve afectada, disminuyendo de 0.160 a 0.084 g/mg/min.

La  $q_e$  obtenida del ajuste de datos presento similitud en todas las condiciones de operación por lo que fue necesario examinar los datos a través de un análisis estadístico (ANOVA) para determinar si existe alguna diferencia significativa de las capacidades de adsorción en equilibrio que presentó cada sistema. Por lo que se planteó un diseño de experimentos  $3^2$  en el cual las variables fueron la temperatura (10, 20 y 40°C) y el material biosorbente (*Penicillium*, alginato al 3% y *Penicillium* -alginato; 1:1). Se realizó el ANOVA para cada variable, tabla 3 y se encontró que comparando los diferentes materiales biosorbentes el valor de  $F_{prueba} < F_{tabla}$ , ( $1.93 < 5.14$ ) y comparando las temperaturas de trabajo se encontró que  $F_{prueba} < F_{tabla}$ , ( $0.278 < 5.14$ ), con lo que podemos determinar que no existe una diferencia significativa entre los valores de la capacidad de adsorción en equilibrio que se logran con cada uno de los sistemas propuestos en el diseño factorial  $3^2$ .

Tabla 3. Análisis de varianza para biosorbentes y temperaturas de trabajo

Parámetro	Biosorbente	Temperatura
Estimación interna, $s_w^2$	0.189	0.285
Varianza de las medias muestrales, $s_x^2$	0.122	0.026
$n$	3	3
Estimación intermitente, $s_x^2$	0.366	0.079
$F_{prueba}$	1.932	0.278
$k$	3	3
$k-1$	2	2
$k(n-1)$	6	6
$\alpha$	0.05	0.05
$F_{tabla}$	5.14	5.14

Se prosiguió a realizar el análisis gráfico de cada uno de los sistemas con el ajuste al modelo de pseudo segundo orden y se obtuvieron las líneas de tendencia del modelo para cada caso, (Figura 2) donde se observa que el modelo se ajusta mejor a la temperatura de 40 °C, esto considerando el coeficiente de correlación que presentan cada uno de los sistemas modelados.

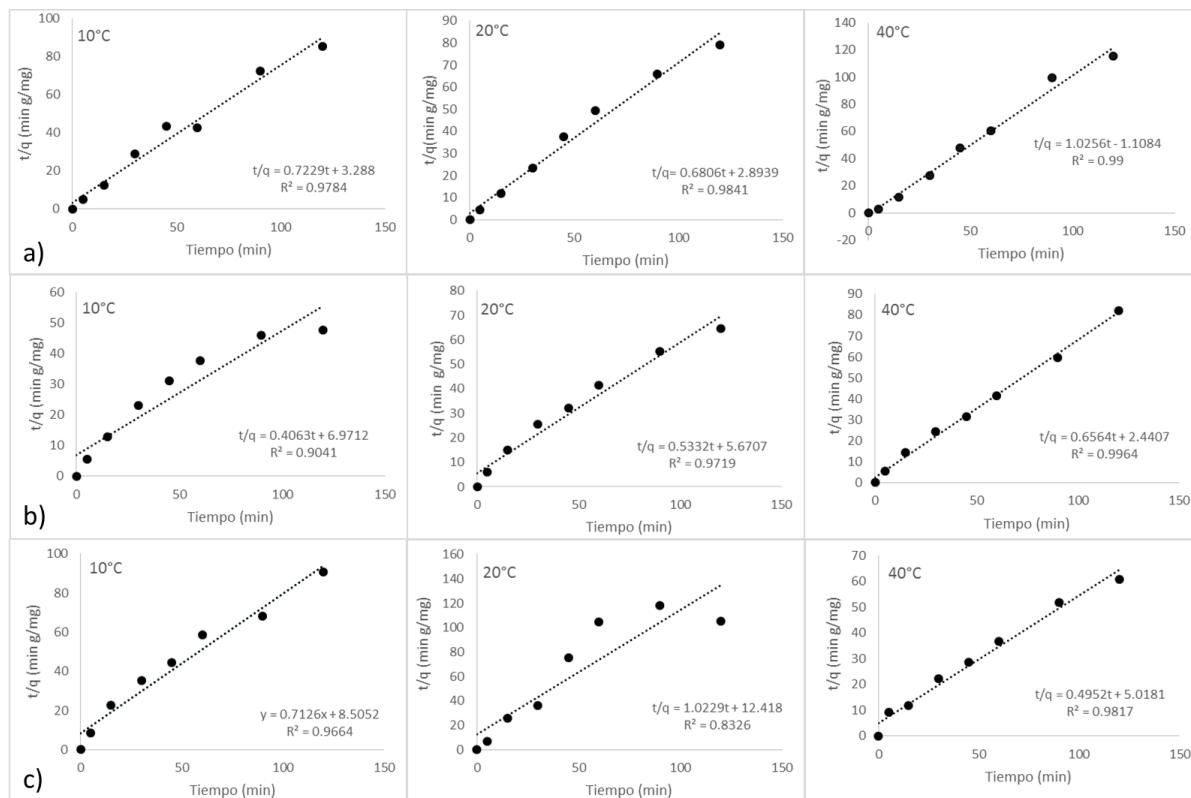


Figura 2. Cinéticas de pseudo-segundo orden para RM. Condiciones: 10, 20 y 40°C, pH 3. Biosorbente: a) *Penicillium libre*, b) alginate de calcio, c) *Penicillium inmovilizado en alginate de calcio*

## Conclusiones.

Fue posible producir e inmovilizar la biomasa de *Penicillium*, esta biomasa libre e inmovilizada es capaz de adsorber el colorante rojo de metilo, la temperatura óptima es de 40°C a 150 rpm y se encuentra que la adsorción ocurre desde los 5 minutos de contacto en los bioensayos con la biomasa libre y con la biomasa inmovilizada la adsorción no se ve favorecida de manera significativa. Respecto a la concentración inicial se presentó una disminución en la concentración, teniendo en cuenta una concentración inicial de 5 ppm esta se redujo en el ensayo con *Penicillium* un 24%, un 27% de remoción con el alginato y 22% con el *Penicillium*-alginato, lo que demuestra que no se potenció de manera positiva la remoción por parte de la biomasa inmovilizada. Los datos obtenidos de acuerdo a los experimentos realizados se analizaron mediante el modelo matemático de pseudo primer y pseudo segundo orden, se encontró que la biomasa potencia su capacidad de adsorción cuando se inmoviliza en alginato de calcio, en la cinética de 40°C los datos ajustados al modelo presentan mayor  $q_e$  que va de 0.975 mg/g a 2.019 mg/g. por lo que se ajusta al modelo de pseudo segundo orden.

## Agradecimientos.

Se agradece el financiamiento aprobado por parte del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT) y a la Universidad Autónoma de Nuevo León. Así como también a la participación de los estudiantes de licenciatura adscritos al Laboratorio L10, quienes colaboraron con la realización de los ensayos.

## Referencias.

1. Erden, E., Kaymaz, Y., & Pazarlioglu, N. K. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2011, 14. <http://doi.org/10.2225/vol14-issue2-fulltext-8>
2. Fu, Y., & Viraraghavan, T. *Bioresource Technology*, 2001, 79, 251–262. [http://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00028-1](http://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00028-1)
3. Garzón Jiménez, R. C. PhD Thesis. Instituto Politécnico Nacional, 2009. Retrieved from <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis217.pdf>
4. Ho, Y.-S. *Scientometrics*, 2004, 59(1), 171–177. <http://doi.org/10.1023/B:SCIE.0000013305.99473.cf>
5. Ho, Y.-S. *Journal of Hazardous Materials*, 2006, 136(3), 681–689. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.12.043>
6. Juwarkar, A. a, & Yadav, S. K. *Bioremediation Technology*, M. H. Fulekar, Ed. Springer, Suiza 2010. XII (266-284) <http://doi.org/10.1007/978-90-481-3678-0>
7. Maurya, N. S., Mittal, A. K., Cornel, P., & Rother, E. *Bioresource Technology*, 2006, 97, 512–521. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.045>
8. Srinivasan, A., & Viraraghavan, T. *Journal of Environmental Management*, 2010, 91(10), 1915–1929. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.003>
9. Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., & Ang, H. M. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2014, 209, 172–184. <http://doi.org/10.1016/j.cis.2014.04.002>

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## SINTESIS DE COPOLÍMEROS DE BLOQUE PS-B-MMA MEDIANTE SONOQUÍMICA

**G. Cedillo-Valverde<sup>1,2</sup>, R. Salgado-Delgado<sup>1</sup>, A. M. Salgado-Delgado<sup>1</sup> y A. Olarte-Paredes<sup>1</sup> y <sup>2</sup>S. López-Morales**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México- [gcedillo@materiales.unam.mx](mailto:gcedillo@materiales.unam.mx), [renesalgado@hotmail.com](mailto:renesalgado@hotmail.com), [amsd\\_2303@hotmail.com](mailto:amsd_2303@hotmail.com), [olarte.paredes@gmail.com](mailto:olarte.paredes@gmail.com) <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Materiales/ Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, Ciudad de México – [slm@iim.unam.mx](mailto:slm@iim.unam.mx)

**Área de participación:** *Materiales y nanomateriales poliméricos.*

**Resumen:** La producción de copolímeros de bloque reviste gran interés científico y tecnológico, los copolímeros de bloque poliestireno-block-metilmacrilato (PS-b-MMA) son ampliamente conocidos, sin embargo, proponemos el empleo de ultrasonido como catalizador de reacción, así como el empleo de PS y PMMA de desperdicio, con el fin de abordar el problema de la contaminación por plásticos mediante una alternativa ecológica. Profundizar en estos estudios, podría traer el conocimiento necesario para ampliar nuestros horizontes hacia otros sistemas poliméricos y aplicaciones novedosas.

La reacción entre PS y PMMA se llevó a cabo bajo diferentes condiciones, se realizó variando las proporciones de los polímeros y haciendo cinéticas a diferentes tiempos (15 - 120 min). Por otro lado, se emplearon dos solventes (cloroformo y tolueno), se probaron tres concentraciones (50, 100 y 300 mg en 2ml) y se realizó a dos frecuencias de ultrasonido (42 kHz y 1.7 MHz), también fue posible comparar PS de dos pesos moleculares ( $M_n = 103,675$  Da,  $IP = 2.476$  y  $M_n = 1,337,033$  Da,  $IP = 2.417$ ). Por gravimetría se determinó rendimiento de reacción, el valor máximo obtenido fue de alrededor de 12%, a la proporción de 10/90 PS/PMMA y a una concentración de 100mg/2ml al tiempo de entre 45 y 60 minutos, la influencia de los solventes y la frecuencia de sonicación fueron determinadas, a las dos frecuencias, obteniéndose máximos rendimientos similares en ambas. La caracterización de las muestras se efectuó mediante espectroscopia de RMN (<sup>1</sup>H y DOSY).

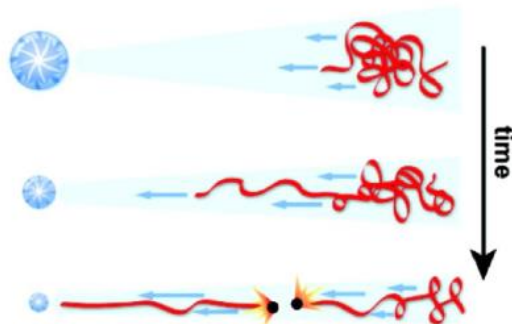
### Introducción.

La funcionalización de un polímero ofrece la oportunidad de diseñar un material con las propiedades físicas y químicas deseadas, moduladas de acuerdo a la relación de composiciones. Es conocida la amplia gama de aplicaciones de los polímeros, que van desde su uso en las formas más convencionales, como; plásticos, fibras y elastómeros, hasta su empleo en materiales de alta tecnología, en forma de polímeros conductores, inteligentes, para aplicaciones médicas, en óptica, fotónica, etc.

Otra virtud de los polímeros es que diferentes unidades monoméricas pueden ser copolimerizadas y ser ordenadas en diversas formas, por ejemplo: al azar, de manera alternada, de bloque, de injerto y entrecruzados. De esta gama, los copolímeros de bloque (CPB) actualmente revisten gran interés, ya que al estar compuestos de dos o más unidades monoméricas, tienen la capacidad de formar regiones conocidas como microdominios, lo cual genera diversas morfologías en el estado sólido. La forma convencional para sintetizar copolímeros de bloque consiste en la síntesis de un macromonomero y luego hacerlo reaccionar con una unidad monomérica diferente, una técnica alternativa que ha sido poco explotada es mediante ondas de ultrasonido, mediante sonoquímica (SQ), ahora considerada parte del campo de la mecanoquímica. Otra ventaja es que la SQ está catalogada dentro del campo de la química verde, al no emplear catalizadores, monómeros, ni solventes agresivos al medio ambiente, además de que se requiere de poca energía. Finalmente, algo muy importante: es una técnica

alternativa para reutilizar polímeros, modificarlos químicamente y producir copolímeros de bloque (CPB).

En una reacción con ondas de ultrasonido, se generan burbujas de cavitación, con las cuales se pueden lograr temperaturas y presiones suficientemente altas (comparables a la temperatura del sol y presiones de las mayores profundidades del fondo marino) en fracciones de segundos; ¡las condiciones energéticas esenciales para que se dé una reacción química! **Figura 1.** Así se generan sitios de reacción que son capaces de romper las cadenas poliméricas y de esta manera es posible modificar a los polímeros.



*Figura 1. Polímero en la vecindad del colapso de una burbuja de cavitación*

La materia prima que se eligió es abundante, brinda la posibilidad de diseñar experimentos de bajo costo y de ahí obtener conocimiento sólido para extenderlo a otros plásticos disponibles. El poliestireno (PS) es un material que ha sido utilizado ampliamente como material de un solo uso, principalmente en su forma expandida (Unicel®) como material de embalaje, en la construcción y como vajilla desechable. Por otro lado, se recicla relativamente poca cantidad, el proceso actual de reciclaje consiste en compactar y volver a extruír, para peletizar y así producir materiales de uso cotidiano, proceso en el cual se gasta demasiada energía [1, 2].

El empleo de técnicas de caracterización como la resonancia magnética nuclear (RMN), brinda información rápida respecto al producto obtenido, mediante análisis de protón (RMN-<sup>1</sup>H) podemos confirmar la reacción y cuantificar proporciones en el copolímero, además de ello se propone utilizar la espectroscopia de difusión (RMN-DOSY<sup>1</sup>), la cual consiste en separar los componentes de una mezcla en base a sus coeficientes de difusión [3, 4] y por medio de ellos relacionar pesos moleculares y la distribución de estos [5, 6, 7, 8], lo que lleva a complementar con otras técnicas para determinar el peso molecular, como son la cromatografía de exclusión de tamaños (HPLC-SEC<sup>2</sup>) y la viscosimetría.

## Fundamento Teórico.

### **Historia**

La relación entre mecanoquímica y polímeros inicio en 1930 con los experimentos de Staudinger, quien determinó que el peso molecular del poliestireno sujeto a trituración disminuía su peso molecular [9], en 1956 en la revista Nature [10], Allen reporta nuevos

<sup>1</sup>Diffusion Ordered Spectroscopy (DOSY), por sus siglas en inglés.

<sup>2</sup> High performance liquid chromatography – Size exclusion chromatography (HPLC-SEC), por sus siglas en inglés.

métodos para preparar CPB, entre dichos métodos cita la sonoquímica (SQ) en solución, aún sin tener claro el mecanismo de reacción, las sospechas de generación de radicales libres en este proceso mecanoquímico, fueron confirmadas en 1980 por Sohma [11] mediante la espectroscopia de resonancia del espín electrónico (ESR<sup>3</sup>). La sonicación de polímeros en solución ha venido a ser una técnica comúnmente usada, ya que es técnicamente sencilla y accesible para estudiar una rama de los fenómenos de la mecanoquímica en polímeros.

Sentar las bases teóricas de los fenómenos involucrados ha sido un camino largo de experimentación, que aún sigue en marcha y requiere de mayor atención en el presente debido a la necesidad de desarrollar aún más la química verde [12]. En 1993, Price [13] realiza experimentos de soluciones de PS en tolueno con el fin de entender las variables que afectan la degradación, usando variación en la intensidad de irradiación ultrasónica, demostrando que la temperatura y los gases disueltos tienen efecto en la degradación del peso molecular.

### ***Mecanismo***

Por definición la química es el estudio de la interacción de la energía con la materia, fuentes de energía específica limitan el control que los químicos tienen sobre la reactividad de la materia, por ejemplo, la luz interacciona con la materia en una pequeña escala de tiempo a altas energías, mientras que el calor interacciona en largas escalas de tiempo, pero a bajas energías. En el caso de la sonoquímica (SQ) se induce cavitación en un líquido por la generación de ondas de ultrasonido intensas, dicha interacción da la oportunidad de tener un rango de energías en escalas de tiempo que no están disponibles por otras fuentes [14].

Se han descubierto dos diferentes regiones de temperatura asociadas con la implosión de la cavidad, el contenido gaseoso original de la cavidad alcanza temperaturas de alrededor de 5,500°C, mientras que el líquido que rodea la cavidad llega a 2100°C. Adicional a esto se ha estimado una presión máxima de 5000 atmosferas.

La intensidad de la implosión de la cavidad y, por lo tanto, la naturaleza de la reacción, pueden alterarse fácilmente por factores tales como la frecuencia, la intensidad acústica, temperatura, presión, la elección del líquido y el gas empleado [15].

### ***Sonoquímica y polímeros***

La búsqueda de nuevos polímeros con propiedades mejoradas es un área de investigación de continuo interés, asimismo, los impulsores económicos en la industria de polímeros, exigen una mejora continua de los materiales existentes. La modificación de propiedades superficiales o en masa de los polímeros, constituyen métodos económicos para producir materiales altamente funcionales. Un aspecto que hay que tomar muy en cuenta en un polímero en particular, es que su peso molecular y su microestructura deben estar bien controlados.

---

<sup>3</sup> Por sus siglas en inglés; electron spin resonance (ESR).

Al someter un polímero a ultrasonido se observan efectos físicos y químicos, los cambios físicos que se pueden observar son dispersión de cargas y otros componentes en el polímero base, la encapsulación de partículas inorgánicas, la modificación del tamaño de partícula de polvos poliméricos y uno de los más importantes; la soldadura y corte de termoplásticos [16].

En contraste los cambios químicos que se presentan, son: degradación de cadenas poliméricas y la modificación de superficies poliméricas [**Figura 2**].

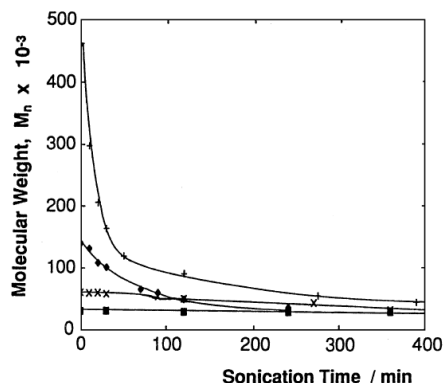


Figura 2. Comportamiento de la degradación ultrasónica de soluciones al 1% de poliestireno monodisperso en tolueno: (■)30,000, (x) 68,000, (♦)140,000, (+) 460,000[14].

### Copolímeros de bloque

Los copolímeros de bloque (CPB) son polímeros que están hechos de dos o más segmentos químicamente distintos, “bloques”, los cuales están covalentemente conectados. El caso es que dichos bloques son inmiscibles y tienden a segregarse, sin embargo, la conectividad entre los dos bloques previene que ocurra la separación en largas escalas de longitud. El resultado es la formación de nanoestructuras autoensambladas, con regiones que juntas definen las todas las propiedades del material [17].

La importancia de este tipo de polímeros es que aparte de ser usados en aplicaciones convencionales, pueden autoensamblarse jerárquicamente en distintos dominios químicos de tamaño y periodicidad en el orden de 10 a 100nm, ofreciendo una ruta muy barata para generar materiales nanoestructurados de grandes áreas. Dependiendo de la inmisible de los bloques es posible manejar el ensamblaje de los CPB en nanoestructuras con simetrías hexagonales, laminares o hexagonal inversa, o bien crear morfologías periódicas (esferas, cilindros, laminas y giroides).

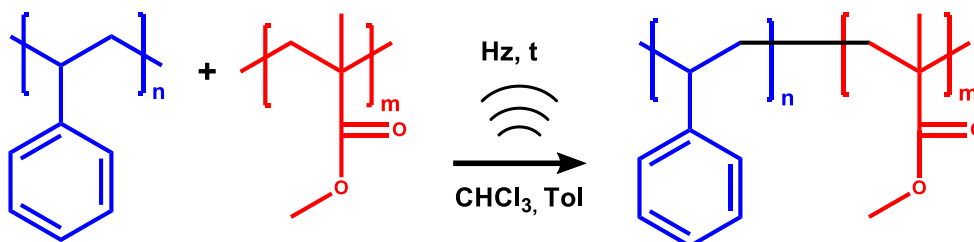
La capacidad de generar patrones de polímeros funcionales a diferentes escalas de longitud es importante para varios campos de investigación, el interés y las capacidades en los patrones poliméricos se ha originado por la abundancia de funcionalidades que tienen los polímeros, así como su amplia gama de aplicaciones.

### Sección Experimental.

El PS de bajo peso molecular (PSBM) fue obtenido a partir de poliestireno expandido de embalaje (Unicel®), el PS de alto peso molecular (PSAM) se obtuvo de un frasco con monómero envejecido, el PMMA proviene de residuos de láminas de luminarias. Los materiales fueron caracterizados <sup>1</sup>H-RMN y cromatografía de exclusión de tamaños (HPLC-SEC). Las reacciones fueron realizadas en viales de 4ml en solución, en un baño

ultrasónico de 42 kHz (Cole Parmer, 8893) y un vaporizador ultrasónico de 1.7 MHz (YUEHUA WH-802). Los solventes empleados fueron cloroformo y tolueno de J. T. Baker, grado reactivo.

Conforme a la siguiente reacción y a la siguiente tabla, se planteó hacer una combinación de reacciones sonoquímicas entre PS y PMMA:



PSBM $M_n = 103,675$ Da (IP = 2.476 ); PSAM $M_n = 1,337,033$ Da (IP = 2.417) PMMA $M_n = 94,808$ Da (IP = 1.889 )					
Variable	Composición	Tiempo	Concentración	Frecuencias	Solventes
Muestra	PS/MMA	[min]	[mg]/4ml	[KHz]	
1	20/80	15	100	42	CHCl <sub>3</sub>
2	40/60	30	200	1700	Tolueno
3	50/50	45	300		
4	60/40	60	400		
5	80/20	75	500		
6		90			
7		105			
8		120			

## Resultados y Discusión.

En las siguientes tablas se resumen los resultados obtenidos de algunas de las combinaciones planteadas, iniciamos por la comparación entre solventes y frecuencias, seguido por el cambio en la concentración y finalmente la comparación en el uso de dos pesos moleculares de PS. También se presenta una cinética de copolimerización con el fin de visualizar el comportamiento de los tiempos en el rendimiento.

Tabla 1. Comparativo de frecuencias y solventes.

Reacción	R1	R5	R4	R6
PS	1.7 MHz	42 kHz	1.7 MHz	42 kHz
Alimentado	CHCl <sub>3</sub>		Tolueno	
[%] Peso	Copolímero PS-b-MMA formado, Rendimiento [%] (100mg/2ml, 1h)			
20	10.54	4.99	6.52	9.27
40	8.50	3.48	4.58	8.30
50	6.35	2.54	5.25	6.02
60	6.27	2.21	5.69	5.40
80	4.36	1.31	4.77	3.85

Tabla 2. Comparación de concentraciones.

Reacción	R3	R1	R7
PS	300/2ml	100/2ml	50mg/2ml
Alimentado	CHCl <sub>3</sub> , 1.7 MHz		
[%] Peso	Copolímero PS-b-MMA formado, Rendimiento [%] (1h)		
20	8.15	10.54	5.21
40	5.91	8.50	6.13
50	5.75	6.35	4.82
60	3.95	6.27	4.89
80	1.39	4.36	4.02

Tabla 3. Diferentes pesos moleculares de PS frente a PMMA.

Reacción	R1	R11
PS	PSBM	PSAM
Alimentado	CHCl <sub>3</sub> , 100mg/2ml, 1.7 MHz, 1h	
[%] Peso	Copolímero PS-b-MMA formado, Rendimiento [%]	
20	10.54	10.05
40	8.50	4.64
50	6.35	2.83
60	6.27	1.27
80	4.36	0.00

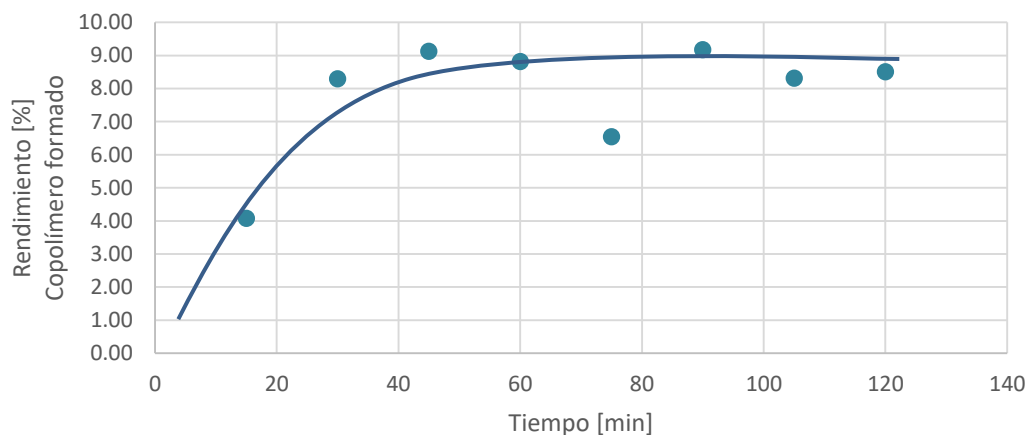


Figura 3. Cinética de copolimerización sonoquímica entre PS y PMMA a una frecuencia de 1.7MHz en cloroformo (R2), la relación de composición PS/PMMA es de 20/80 en peso y la concentración es de 100mg en 2ml.

Los mejores rendimientos de copolimerización fueron observados a las relaciones de menor cantidad de PS y mayor cantidad de PMMA (20/80), además el máximo rendimiento oscila alrededor de un máximo de 12%. En el espectro RMN-DOSY de una muestra con rendimiento de 9% podemos observar la formación de copolímero PS-b-PMMA mediante una zona de traslape de señales de PS y PMMA [Figura 4].



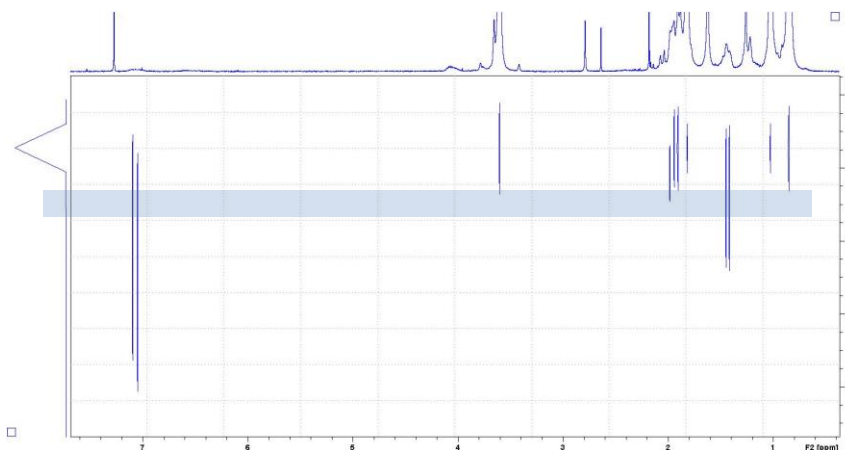


Figura 4. Espectro RMN-DOSY de un copolímero PS-*b*-MMA, la línea azul representa la zona de donde se confirma la existencia de copolímero.

### Conclusiones.

De acuerdo al comportamiento en el rendimiento de las diferentes reacciones, se concluye que la composición que produce mayor rendimiento es la de 10% PS y 90% PMMA, aunque el rendimiento es pequeño (12%). Se ve clara la influencia del PMMA en la reacción, a mayor cantidad de PMMA hay mayor rendimiento.

La diferencia en las propiedades fisicoquímicas de los solventes y la frecuencia de sonicación tienen efecto en el rendimiento, puede decirse que mayor viscosidad, baja volatilidad y baja frecuencia producen alto rendimiento (tolueno), lo cual también se puede lograr con baja viscosidad, alta volatilidad y alta frecuencia (cloroformo).

La concentración que dio mayor rendimiento fue la de 100mg en 2ml. La cinética en cloroformo indica que a la composición de mayor rendimiento (PS/PMMA, 10/90), después de los 45 minutos se alcanzan máximos rendimientos. En la cinética de tolueno a pesar de que tuvimos errores experimentales, aun así, no se sobrepasa un rendimiento de más de 10%.

### Agradecimientos.

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

### Referencias

1. Vázquez-Morillas, A., Sotelo-Navarro, P. X., Espinoza-Valdemas, R. M., Velasco-Pérez, M., Quecholac-Piña, X., Beltrán-Villavicencio, M., & Álvarez-Zeferino, J. C. (2018). *Degradación y Biodegradación de Plásticos*. 24.
2. ¿Cómo y dónde se recicla el unigel en México?, Maricela Flores | 17 de Mayo de 2019, El Universal, De10.mx  
<https://de10.com.mx/vivir-bien/como-y-donde-se-recicla-el-unigel-en-mexico>
3. Jerschow, A., & Mu, N. (1998). *Diffusion-Separated Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy of Polymer Mixtures*. 9297(98), 6573–6578.
4. Jayawickrama, D. A., Larive, C. K., Mccord, E. F., & Roe, D. C. (1998). *Polymeradditives mixture analysis using pulsed-field gradient NMR spectroscopy*. 760, 755–760.
5. Manuscript, A., & Weights, M. (2013). *NIH Public Access*. 45(24), 9595–9603.  
<https://doi.org/10.1021/ma301666x.Application>

6. Li, W., Chung, H., Daeffler, C., Johnson, J. A., & Grubbs, R. H. (2012). Application of  $^1\text{H}$  DOSY for Facile Measurement of Polymer Molecular Weights. *Macromolecules*, *45*(24), 9595–9603.
7. Zick, K. (2019). Polymer Weight Distribution measured by PGSE NMR. *Bruker BioSpin GmbH*, 03/19 T173339. [www.bruker.com](http://www.bruker.com)
8. Vázquez-Leyva, S., Vallejo-Castillo, L., López-Morales, C. A., Herbert-Pucheta, J. E., Zepeda-Vallejo, L. G., Velasco-Velázquez, M., Pavón, L., Pérez-Tapia, S. M., & Medina-Rivero, E. (2019). Identity Profiling of Complex Mixtures of Peptide Products by Structural and Mass Mobility Orthogonal Analysis. *Analytical Chemistry*.
9. Caruso, M. M., Davis, D. A., Shen, Q., Odom, S. A., Sottos, N. R., White, S. R., & Moore, J. S. (2009). *ChemRev (2009, J. Moore).pdf*. 5755–5798.
10. Allen, B. P. E. M., Downer, J. M., Hastings, G. W., Melville, P. H. W., Molyneux, P., & Urwin, J. R. (1956). New Methods of Preparing Block Copolymers. *Nature*, *177*, 910–912.
11. Tabata, M., Miyazawa, T., Kobayashi, O., & Sohma, J. (1980). Direct evidence of main-chain scissions induced by ultrasonic irradiation of benzene solutions of polymers. *Chemical Physics Letters*, *73*(1), 178–180.
12. Lupacchini, M., Mascitti, A., Giachi, G., Tonucci, L., d'Alessandro, N., Martinez, J., & Colacino, E. (2017). Sonochemistry in non-conventional, green solvents or solvent-free reactions. *Tetrahedron*, *73*(6), 609–653.
13. Price, G. J., & Smith, P. F. (1993). Ultrasonic degradation of polymer solutions: 2. The effect of temperature, ultrasound intensity and dissolved gases on polystyrene in toluene. *Polymer*, *34*(19), 4111–4117.
14. Suslick, K. S., & Price, G. J. (1999). Applications of ultrasound to materials chemistry. *Annual Review of Materials Science*, *29*(September), 295–326.
15. Akbulatov, S., & Boulatov, R. (2017). Experimental Polymer Mechanochemistry and its Interpretational Frameworks. *ChemPhysChem*, *18*(11), 1422–1450.
16. Suslick, K. S. (2017). *Sonochemistry*. *247*(4949), 1439–1445.
17. Sing, C. E., Zwanikken, J. W., & Olvera De La Cruz, M. (2014). Electrostatic control of block copolymer morphology. *Nature Materials*, *13*(7), 694–698. <https://doi.org/10.1038/nmat4001>

#### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA FIBRA DE COCO PARA SU UTILIZACIÓN COMO REFUERZO DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE CEMENTO

**I.L. Hernández-Solís<sup>1</sup>, Z. Vargas-Galarza<sup>1</sup>, E. García-Hernández<sup>1</sup>, W.N. Hernández-Díaz<sup>1</sup>, 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- [lizeth\\_herso@outlook.com](mailto:lizeth_herso@outlook.com), [zully.vg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:zully.vg@zacatepec.tecnm.mx), [edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx](mailto:edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx), [wendy.hd@zacatepec.tecnm.mx](mailto:wendy.hd@zacatepec.tecnm.mx) <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [roberto.cv@zacatepec.tecnm.mx](mailto:roberto.cv@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** Materiales y Nanomateriales Poliméricos

**Resumen:** Las fibras de coco tienen una menor absorción de agua, además, como refuerzo en materiales compuestos han obtenido valores altos de dureza y resistencia a la compresión en comparación con otras fibras. En este trabajo se analizaron las fibras de coco, estas fueron caracterizadas mediante FTIR, SEM y EDS para evaluar sus propiedades con y sin tratamiento alcalino con NaOH al 3 y 6% (p/v). Se realizaron pruebas de resistencia interfacial fibra-matriz mediante la extracción de una sola fibra, considerando: longitud de empotramiento, tratamiento aplicado y días de fraguado, mediante un diseño de experimentos factorial con replicas, también se evaluó la resistencia a la tracción de fibra única mediante la norma ASTM D 3379-75. La caracterización por FTIR mostró una alta deslignificación de la fibra y la caracterización por SEM una morfología que permite un agarre mecánico entre la fibra y matriz. Las pruebas mecánicas realizadas a las fibras demostraron que a mayor porcentaje de tratamiento alcalino las fibras alcanzan más del 20% de esfuerzo de tracción en comparación con las fibras sin tratamiento. Se desarrolló un diseño de experimentos factorial de tres factores (3x2x3) y tres replicas en cada interacción y se aplicó el método de Diferencia Mínima Significativa (LSD), concluyendo en referencia al tratamiento aplicado que no se presenta variabilidad significativa entre las medias de un porcentaje y otro, pero si existe una diferencia en aplicar o no el tratamiento químico a la fibra.

### Introducción.

En los últimos años se han presentado problemas relacionados con el medio ambiente que han motivado a la investigación el utilizar materiales amigables a éste, por lo que existe un interés en el uso de fibras naturales dadas sus características y propiedades físicas y mecánicas, las cuales han impulsado su uso como materiales de refuerzo (Ardanuy, 2015). Las fibras naturales son abundantes y son utilizadas debido a su bajo costo y la poca energía requerida para su obtención, se extraen de residuos agroindustriales lo que hace su utilización sea un eco-beneficio.

Los productos de cemento reforzados con fibra natural están siendo ampliamente aceptados debido a su gran utilidad como materiales de construcción en aplicaciones como tejas, paneles de techo y piso, dado que las fibras pueden mejorar las propiedades mecánicas de compresión y flexión. Sin embargo, la utilización de las fibras naturales como refuerzo en los materiales compuestos se han utilizado bajo ciertas modificaciones físicas y químicas para lograr una mejor interfaz, en los últimos años el tratamiento más utilizado es la alcalinización con Hidróxido de Sodio NaOH con resultados óptimos del 3 y 6% p/v (Akinyemi, 2019). Las fibras muestran diferentes propiedades debido a la variación de su composición química, principalmente de celulosa, lignina y hemicelulosa, además, muestran diferentes propiedades mecánicas

en función del diámetro, la orientación, la interfaz y el contenido de fibra en el material compuesto.

El objetivo de realizar el análisis a la fibra con diferentes porcentajes alcalinos es analizar su comportamiento en la matriz de cemento y su resistencia a la tracción homogenizando el diámetro de la fibra para las pruebas de la resistencia interfacial y la resistencia a la tracción de fibra única mediante la norma ASTM D 3379-75.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

**Material.** Se utilizó fibra de coco, la cual se adquirió por la empresa Gemina, matraz aforado 1 L, vaso medidor 2 L, probeta 100 ml, moldes de PVC ½", agua purificada baja en sales, tiras reactivas para medir pH, cemento marca Cemex 30R.

**Equipo.** Microscopio Electrónico de Barrido marca JEOL<sup>R</sup> modelo JSM-6010<sup>a</sup>, Espectrofotómetro de Infrarrojo con Transformada de Fourier, marca Perkin-Elmer<sup>R</sup> Spectrum Two con Software Spectrum, estufa de secado, balanza digital marca Ohaus, máquina de pruebas universales marca Instron, micrómetro digital marca Mitutoyo IP-65.

**Reactivos.** Hidróxido de Sodio (NaOH) (Proveedor: Macron Fine Chemicals<sup>TM</sup>) y Ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) (Proveedor: Merck KGaA).

**Metodología.** La fibra de coco se limpió de impurezas y se seleccionaron las fibras con longitud mayor a los 50 mm, se trató con solución de NaOH de 3 y 6% p/v (Musani & Tomas, 2015 y Mydin et al, 2016) con una relación de 20 g de fibra en 1 L de solución alcalina durante 2 h sin agitación, posteriormente se neutralizaron con CH<sub>3</sub>COOH al 5% v/v, finalmente, se realizó un secado de la fibra a 60°C durante 24 h (Andic et al, 2014)

Se realizaron caracterizaciones a la fibra con y sin tratamiento alcalino mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier FTIR, microscopia electrónica de barrido SEM y espectroscopia de energía dispersada EDS. Se realizó una selección de la fibra de coco pos tratamiento alcalino con longitud mayor a los 50 mm, realizando la medición del diámetro de cada población de fibra, considerando 20 g para la representación de fibra sin tratamiento aplicado, con un intervalo de confianza del 95% para cada población.

Por último, la prueba de tracción de fibra única realizándose mediante la norma ASTM D 3379-75 (Arsyad et al 2015), las muestras se realizaron tomando 10 fibras de cada población con longitud mayor o igual a 50 mm, a su vez se tomaron 8 medidas a lo largo de la fibra promediando los resultados, por lo que se asume que el diámetro es constante, y está dentro del intervalo, para evitar la variación de este parámetro. Se evaluó la resistencia a la tracción considerando una carga de 200 N y una tasa de desplazamiento de 5 mm/min (Akintayo et al, 2016), para el cálculo correspondiente se utilizó la siguiente expresión:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

Siendo:

$\sigma_{max}$  = Resistencia máxima a la tracción (N/mm<sup>2</sup>)

$F_{max}$  = Carga máxima (N)

$A$  = Área de sección transversal (mm)

Así mismo, para la prueba de resistencia interfacial de acuerdo con Ferreira *et al*, 2015 las muestras tienen como objetivo analizar la unión entre la fibra y matriz, por lo que, las variables para esta prueba son:

- Relación de la mezcla cemento / agua constante (1:4)
- Longitud de empotramiento (15 mm y 25 mm)
- Tratamiento de la fibra
- Días de fraguado.

Utilizando una tasa de desplazamiento de 5 mm/min y una celda de carga de 200 N, con 18 fibras de cada población, con longitud mayor o igual a 50 mm, se tomaron 8 medidas a lo largo de la fibra promediando los resultados, por lo que se asume que el diámetro es constante, y está dentro del intervalo, además, los datos recolectados son el promedio de fibras extraídas con éxito, para representar la fuerza de unión entre fibra-matriz. Para el cálculo correspondiente de acuerdo con Arsyad *et al*, 2015 se utiliza la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{F}{\pi dL} \quad (2)$$

Siendo:

$\tau$  = Esfuerzo cortante (MPa)

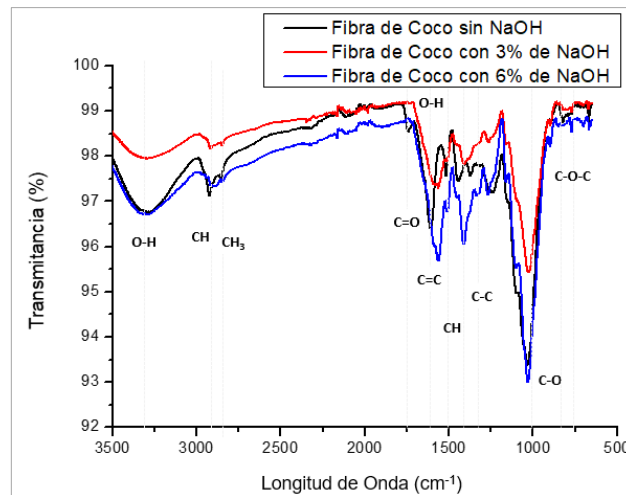
$F$  = Carga máxima (N)

$d$  = Diámetro de la fibra (mm)

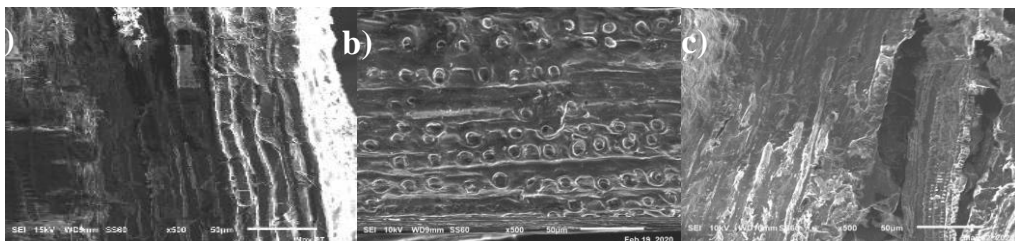
$L$  = Longitud de la fibra incrustada (mm)

## Resultados y Discusión.

En la figura 1 se muestran los espectros de la fibra de coco sin y con tratamiento al 3 y 6% de NaOH, se observa una mayor presencia del modo vibracional del O-H (3000 cm<sup>-1</sup>) (Da Silva *et al*, 2015), C=O (1700-1800 cm<sup>-1</sup>) (Da Silva *et al*, 2015 y Akintayo *et al*, 2016) y C=C (1600 cm<sup>-1</sup>) (Akintayo *et al*, 2016 y Kochova *et al*, 2020) de la lignina en la fibra de coco (espectro negro), por lo que, se demuestra la deslignificación con la disminución del modo vibracional de los grupos funcionales correspondientes a la lignina: O-H, C=O y C=C (espectro rojo y azul). La figura 2, muestra las microfotografías de la fibra de coco sin y con tratamiento alcalino, se observa que con mayor porcentaje de NaOH se obtiene una superficie más rugosa, mostrando que el tratamiento alcalino es eficaz y puede lograr una buena interacción interfacial con la matriz para el material compuesto.

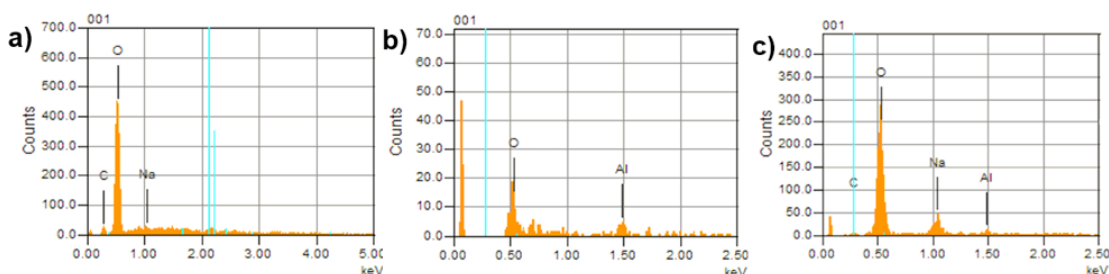


**Figura 1.-** FTIR de la fibra de coco con y sin tratamiento alcalino



**Figura 2.-** SEM de la fibra de coco a) sin NaOH, b) 3% NaOH y c) 6% NaOH

Por otro lado, el EDS para la fibra de coco sin tratamiento alcalino (ver figura 3, inciso a) muestra una concentración mayor de oxígeno, elemento principal de la lignina y celulosa, así mismo, se presenta sodio, atribuible a la humedad con la que la fibra fue adquirida, de acuerdo con Da Silva *et al*, (2015) quien realizó un estudio con fibras de coco sumergidas en agua para evaluar su modificación superficial. Para la fibra con tratamiento alcalino con NaOH al 3% (ver figura 3, inciso b), se corrobora el contenido de oxígeno y dada una neutralización pos tratamiento, no hay presencia de sodio. Por último, la fibra con NaOH al 6% (ver figura 3, inciso c) muestra nuevamente el contenido de oxígeno y dado que el porcentaje alcalino es alto, se muestran residuos de sodio. En los EDS con tratamiento alcalino hay presencia de aluminio, atribuibles a residuos en el reactivo.



**Figura 3.-** EDS de la Fibra de coco a) sin tratamiento, b) 3% NaOH y c) 6% con NaOH



La figura 4, muestra los resultados de la prueba de tracción de fibra única, los cuales demuestran que a mayor porcentaje de solución alcalina, la fibra tiene mayor elasticidad, por lo que, las fibras tratadas con 6% de NaOH tiene un esfuerzo de tracción de al menos 20% mayor en comparación con la fibra sin tratamiento y 1.98% con la fibra con 3% de NaOH.

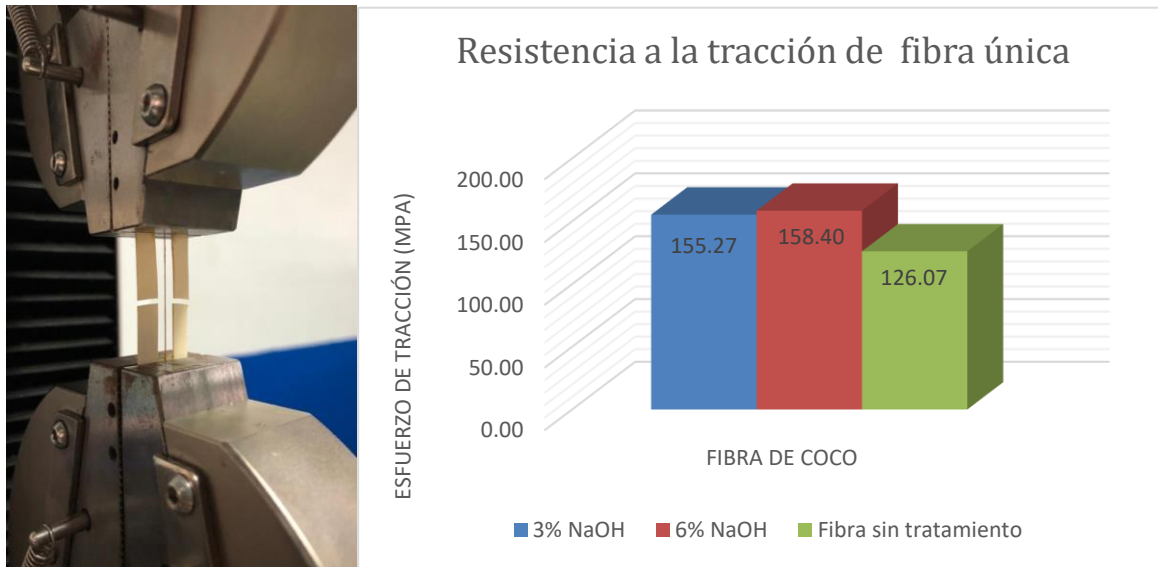


Figura 4.- Resultados de resistencia a la tracción

Por otro lado, la segunda prueba realizada es la extracción de fibra embebida en la matriz *pull out* como se observa en la figura 5.



Figura 5.- Prueba de extracción de fibra, *pull out*

El experimento realizado para estudiar el efecto de los factores A: tratamiento aplicado, B: longitud de empotramiento y C: días de fraguado de la matriz, con tres replicas realizadas aleatoriamente, la tabla 1 muestra los datos del diseño de experimentos factorial 3 x 2 x 3.

Tabla 1. Diseño factorial 3 x 2 x 3 – pull out

		Factor C (Días de fraguado)										Total Y <sub>i...</sub>			
		C1			C2			C3							
		7 días			14 días			28 días							
		Factor B (Longitud de empotramiento)													
Factor A (Tratamiento Químico)		B1		B2		B1		B2		B1		B2		Total Y <sub>...k</sub>	
		15 mm		25 mm		15 mm		25 mm		15 mm		25 mm			
Factor A (Tratamiento Químico)	3% NaOH (A1)	0.2228	0.4648	0.3954	0.8899	0.1886	0.7699	0.1768	0.6688	0.4042	0.8157	0.2122	0.5749	4.1839	
		0.0943		0.1910		0.2122		0.2894		0.3095		0.2122			
		0.1476		0.3035		0.3691		0.2026		0.1020		0.1505			
	6% NaOH (A2)	0.1350	0.4578	0.0784	0.3799	0.0503	0.4066	0.1592	0.6054	0.1825	0.9974	0.2419	0.6641		3.5112
		0.1273		0.1675		0.1340		0.1447		0.6112		0.2680			
		0.1955		0.1340		0.2223		0.3016		0.2037		0.1541			
	Sin Tto. (A3)	0.2457	0.8823	0.2425	0.6879	0.2292	0.9119	0.2141	0.5461	0.5836	1.2330	0.1175	0.5240		4.7853
		0.3714		0.1857		0.2214		0.1935		0.2829		0.1861			
		0.2653		0.2597		0.4613		0.1384		0.3665		0.2204			
Total Y <sub>.j..</sub>		1.8049		1.9577		2.0884		1.8202		3.0461		1.7630		Y <sub>...</sub>	
Total Y <sub>...k</sub>		3.7626			3.9086			4.8091			12.4804				

### Modelo Estadístico

El modelo estadístico de efectos para este diseño está dado por:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c; l = 1, 2, \dots, n$$

### Hipótesis

Las hipótesis de interés para los factores son:

$$H_0 : \mu_i = 0 \text{ para toda } i$$

$$H_1 : \mu_i \neq 0 \text{ para toda } i$$

### Análisis de Varianza ANOVA

El análisis de varianza se muestra en la tabla 2, utilizando un  $\alpha = 0.05$

Tabla 2. Análisis de Varianza – pull out

Fuente de Variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Estadístico de prueba (F <sub>0</sub> )	Valor crítico F <sub>α, v1, v2</sub>	Valor-p
Efecto A	0.0451	2	0.0226	24.2359	3.26	2.15x10 <sup>7</sup>
Efecto B	0.0362	1	0.0362	38.8900	4.11	3.36x10 <sup>7</sup>
Efecto C	0.0357	2	0.0178	19.1601	3.26	2.16x10 <sup>6</sup>
Efecto AB	0.0562	2	0.0281	30.1639	3.26	2.02x10 <sup>8</sup>
Efecto AC	0.0353	4	0.0088	9.4840	2.63	2.42x10 <sup>5</sup>
Efecto BC	0.0605	2	0.0303	32.5064	3.26	8.6x10 <sup>9</sup>
Efecto ABC	0.3659	4	0.0915	98.2219	2.63	7.48x10 <sup>19</sup>
Error	0.0335	36	0.0009			
Total	0.6685	53				

El análisis de varianza nos muestra que todos los efectos se encuentran activos y tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta con un nivel de significancia del 5% y de acuerdo a las hipótesis planteadas, al cálculo del estadístico de prueba ( $F_0$ ) y el valor crítico ( $F_{\alpha, v_1, v_2}$ ) que se obtiene a partir de la Distribución F, las hipótesis nulas se rechazan al caer en la zona de rechazo y existe una asociación significativa entre la variable de respuesta y los factores correspondientes.

### Diferencia de Medias

Las comparaciones de medias se realizan después del ANOVA en el que se rechazan las hipótesis nulas  $H_0$ , para investigar cuáles medias causan las diferencias detectadas entre un factor y otro. Por lo que, se considera tomar la interacción de los factores A: tratamiento químico y el factor B: longitud de empotramiento de 25 mm ( $B_2$ ).

$$LSD_{B_2A} = t_{\frac{\alpha}{2}, abc(n-1)} \sqrt{CM_E \left( \frac{1}{n} + \frac{1}{n} \right)} \Rightarrow LSD_{B_2A} = (2.021) \sqrt{(0.0009) \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} = 0.0495$$

$$\begin{array}{lll} \bar{Y}_{1,2,\bullet} = \frac{2.1335}{9} = 0.2370 & \Rightarrow & |\bar{Y}_{1,2,\bullet} - \bar{Y}_{2,2,\bullet}| = 0.0538 > 0.0495 \\ \bar{Y}_{2,2,\bullet} = \frac{1.6494}{9} = 0.1832 & \Rightarrow & |\bar{Y}_{1,2,\bullet} - \bar{Y}_{3,2,\bullet}| = 0.0417 < 0.0495 * \\ \bar{Y}_{3,2,\bullet} = \frac{1.7580}{9} = 0.1953 & \Rightarrow & |\bar{Y}_{2,2,\bullet} - \bar{Y}_{3,2,\bullet}| = 0.0121 < 0.0495 * \end{array}$$

De las tres diferencias de medias de las interacciones se muestra que en  $|\bar{Y}_{1,2,\bullet} - \bar{Y}_{2,2,\bullet}| > LSD_{B_2A}$  por lo que  $H_0$  se rechaza ya que tiene un efecto significativo. Sin embargo en las diferencias  $|\bar{Y}_{1,2,\bullet} - \bar{Y}_{3,2,\bullet}|$  y  $|\bar{Y}_{2,2,\bullet} - \bar{Y}_{3,2,\bullet}| < LSD_{B_2A}$  por lo que  $H_0$  se acepta.

### Conclusiones.

De tal manera, se puede concluir que las fibras de coco caracterizadas mediante FTIR muestran una reducción en sus modos vibracionales dada la deslignificación causada por el tratamiento alcalino, así mismo en las fibras caracterizadas mediante SEM muestran una morfología que permiten un agarre mecánico eficaz en la matriz. La prueba de tracción de fibra única, demuestra que a mayor porcentaje de tratamiento alcalino, la fibra se vuelve más elástica, y finalmente, de acuerdo al análisis estadístico de la prueba de extracción de fibra *pull out* concluyendo en referencia a los tratamientos químicos aplicados entre el tratamiento  $A_1 = 3\%$  NaOH y  $A_2 = 6\%$  NaOH no hay diferencia entre aplicar uno u otro, dado que  $H_0$  se rechaza y entre las medias de estos tratamientos no se presenta variabilidad significativa entre un porcentaje y otro. Sin embargo, para la interacción  $A_1$  con  $A_3 =$  sin tratamiento y  $A_2$  con  $A_3$  si hay diferencia significativa entre aplicar o no el tratamiento alcalino.

### Agradecimientos.

Se extiende un agradecimiento a todos los colaboradores que hicieron posible el avance de esta investigación para mostrar los resultados plasmados.

## Referencias

1. Akintayo, C. O., Azeez, M. A., Beuerman, S., & Akintayo, E. T. (2016). Spectroscopic, mechanical, and thermal characterization of native and modified Nigerian coir fibers. *Journal of Natural Fibers*, 13(5), 520-531
2. Akinyemi, B. A., Bamidele, A., & Joel, E. (2019). Response of coir fibre reinforced cement composites to water repellent chemical additive and microwave accelerated curing. *Cellulose*, 26(8), 4987-4999.
3. Andiç-Çakir, Ö., Sarikanat, M., Tüfekçi, H. B., Demirci, C., & Erdoğan, Ü. H. (2014). Physical and mechanical properties of randomly oriented coir fiber–cementitious composites. *Composites Part B: Engineering*, 61, 49-54.
4. Ardanuy, M., Claramunt, J., & Toledo Filho, R. D. (2015). Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: A review of recent research. *Construction and building materials*, 79, 115-128
5. Arsyad, M., Wardana, I., & Irawan, Y. S. (2015). The morphology of coconut fiber surface under chemical treatment. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 20(1), 169-177.
6. Da Silva, E. J., Marques, M. L., Velasco, F. G., Fornari Junior, C., & Luzardo, F. H. (2015). Degradação da fibra de coco imersa em soluções alcalinas de cimento e NaOH. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 19(10).
7. Ferreira, S. R., de Andrade Silva, F., Lima, P. R. L., & Toledo Filho, R. D. (2015). Effect of fiber treatments on the sisal fiber properties and fiber–matrix bond in cement based systems. *Construction and Building Materials*, 101, 730-740.
8. Gutierrez, H & De la Vara, R. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: McGraw-Hill Educación.
9. Kochova, K., Gauvin, F., Schollbach, K., & Brouwers, H. J. H. (2020). Using alternative waste coir fibres as a reinforcement in cement-fibre composites. *Construction and Building Materials*, 231, 117121
10. Musanif, I. S., & Thomas, A. (2015). Effect of alkali treatments of physical and mechanical properties of coir fiber. *Chemical and Materials Engineering*, 3(2), 23-28.
11. Mydin, M. O., Zamzani, N. M., & Ghani, A. A. (2018, September). Effect of alkali-activated sodium hydroxide treatment of coconut fiber on mechanical properties of lightweight foamed concrete. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2016, No. 1, p. 020108). AIP Publishing.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTE AVÍCOLA EN UN REACTOR DE LECHO FIJO

**B. Beristain-López<sup>1</sup>, C. A. Sosa-Villalobos<sup>2</sup>, S. Partida-Sedas<sup>3</sup>, I. Galaviz-Villa<sup>1</sup> y I. D. Pérez-Landa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carretera Veracruz-Córdoba Km.12 C.P. 94290. Boca del Río, Ver.- [19990016@bdelrio.tecnm.mx](mailto:19990016@bdelrio.tecnm.mx), [itzelgalaviz@bdelrio.tecnm.mx](mailto:itzelgalaviz@bdelrio.tecnm.mx), [irvingperez@bdelrio.tecnm.mx](mailto:irvingperez@bdelrio.tecnm.mx) <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Veracruz - [ca.sosavi@gmail.com](mailto:ca.sosavi@gmail.com), <sup>3</sup>Instituto Tecnológico Superior de Huatusco - [partidasedassalvador@gmail.com](mailto:partidasedassalvador@gmail.com)

*Área de participación: Bioprocesos*

### Resumen:

La generación de grandes cantidades de aguas residuales en la industria avícola es un problema importante en el ambiente. El tratamiento anaeróbico es una opción favorable para este tipo de efluentes. En este trabajo se realizó una evaluación de la degradación de materia orgánica de un efluente proveniente de un rastro avícola empleando un reactor de lecho fijo, en este caso un Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA). El cual, presenta ventajas sobre otros tratamientos para operar con las características de este tipo de agua residual. Se empleó piedra volcánica (tezontle), como medio de soporte. El reactor con capacidad de 2.4 L, operó en un total de 10 lotes por un periodo de 25 días evaluando los parámetros operacionales como pH (7.4) y temperatura (24°C), así como la remoción de DQO llegando a obtener eficiencias en un rango de 25 a 45%.

**Palabras clave:** Efluentes avícolas, tratamiento anaeróbico, reactor de lecho fijo.

### Introducción.

La avicultura es una rama de producción animal de gran importancia para la población, ya que contribuye a satisfacer las necesidades protéicas de la población (Lozada, 2013). La cantidad de aguas residuales vertidas en las operaciones de procesamiento de un rastro avícola van desde 1000 a 1500 L/d en una planta avícola municipal. Las aguas residuales procedentes de instalaciones de procesamiento de carne avícola se han asociado a problemas ambientales en cuerpos de agua, ocasionando disminución de oxígeno, depósitos de lodos, olor, color, desprendimiento de gases nauseabundos, destrucción de microflora y fauna, y pueden llegar a transmitir enfermedades por la presencia de vectores sanitarios (Caldera, 2010).

Los rastros son una fuente importante de contaminación, generan grandes volúmenes de agua residual que contienen una cantidad significativa de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno (DQO) de 5000 a 20000 mg/L, además de tener altas concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y microorganismos patógenos (Masse & Masse, 2000; Mahtab et al., 2009; Padilla & López, 2010). Además desecha una gran cantidad de residuos sólidos y semisólidos los cuales son fácilmente putrescibles; tales como, estiércol, rumen, grasa y sangre. Además, estas aguas contienen una gran cantidad de microorganismos patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Vibro Cholerae* y otros virus; responsables de enfermedades como la fiebre tifoidea, disentería, cólera y hepatitis (López-López, 2010).

En México, más del 97.5% de estos establecimientos municipales no cuentan con un sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas durante el proceso de sacrificio (Vallejo-Rodríguez, 2007; Padilla, 2010).

La selección de la tecnología de tratamiento depende de las características de esta, los costos de operación y el destino final del efluente previo a su descarga a un cuerpo de

agua, o para su reúso. Por tal motivo, es necesario conocer las características fisicoquímicas del agua residual.

El tratamiento anaeróbico de desechos animales es una opción de tratamiento, ya que genera una gran cantidad de energía (metano), producida por el alto contenido orgánico (Argenent et al., 2002).

Para que un proceso biológico sea totalmente eficiente, la actividad de los microorganismos debe ser adecuada, por lo tanto, es necesaria la aclimatación previa de las bacterias en las condiciones que permitan el metabolismo del nuevo sustrato proporcionado (Moreno-Andrade, 2006; Nava et al., 2014)

Un reactor de lecho fijo como el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) es una tecnología desarrollada y que ha sido estudiada debido a las ventajas que presenta sobre otros tratamientos. El FAFA mantiene la biomasa inmovilizada sobre un soporte fijo, permite el mantenimiento de altos tiempos de retención celular (TRC) a pesar de operar con bajos tiempos de retención hidráulica (TRH). También tolera altas cargas orgánicas volumétricas y variables pequeñas en pH y temperatura. Estas características permiten reducir las dimensiones del reactor, la inversión de capital, y permite facilitar su operación (Padilla & López, 2010).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la degradación de la materia orgánica de agua residual procedente de un rastro avícola en un reactor de lecho fijo (Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente), operando el reactor en modo discontinuo utilizando tezontle como medio de soporte.

## Materiales y Métodos

### Reactor de lecho fijo

Se empleó un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) a escala laboratorio (Figura 1), construido de acrílico, con las siguientes dimensiones: 50 cm de altura, 9.5 cm de diámetro, con un volumen total de 3 L y un volumen útil de 2.4 L. El filtro cuenta con un sistema de recirculación de sustrato mediante una bomba peristáltica (Masterflex, Modelo: Easy Load II) y una fuente de alimentación de forma ascendente (Masterflex, Cole-Parmer).

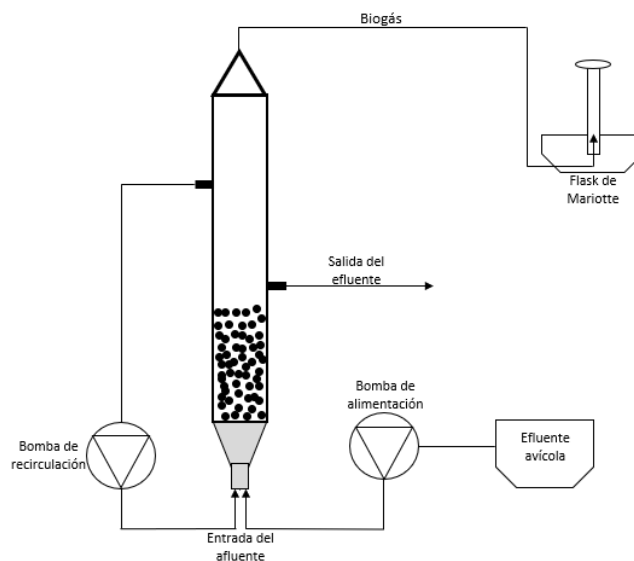


Figura 1. Diagrama esquemático del filtro anaerobio de flujo ascendente a escala laboratorio.



El biogás producido en el reactor fue captado por el método de desplazamiento volumétrico tipo Flask de Mariotte. La temperatura, se mantuvo a 24°C (temperatura ambiente en laboratorio).

### **Caracterización del agua residual**

El efluente fue recolectado de un matadero avícola, ubicado en la ciudad de Huatusco, Veracruz, México. Posteriormente, fue transportado al Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBoca), para su análisis y uso en la parte experimental.

Se determinaron los siguientes parámetros; demanda química de oxígeno (DQO), fósforo total, sólidos totales (ST), sólidos totales volátiles (STV), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos volátiles (SSV), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos sedimentables (SS). Los análisis se realizaron de acuerdo con los métodos estandarizados y normativa mexicana vigente.

### **Operación del reactor**

Se realizó la aclimatación de la biomasa inoculando el medio de soporte con lodos activados provenientes de una planta de tratamiento de agua residual urbana, en una concentración de 2930 mgSSV/L. Para favorecer el desempeño del inóculo se agregó una solución de medio inorgánico de Kawahara, (1999); el cual proporciona nutrientes y amortigua el pH.



**Figura 2.** Reactor FFA en operación por lotes.

La operación de este reactor se realizó por lotes (Figura 2), en periodos de 5, 4 y 2 días. Se monitoreo el reactor midiendo los parámetros de DQO, pH y temperatura.

## **Resultados y Discusión**

### **Caracterización del agua residual**

En la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual avícola. Estos resultados fueron referenciados con los reportados por otros autores en la caracterización de aguas residuales de granjas y rastros avícolas.

**Tabla 1.** Características del efluente avícola.

Parámetro	Referencia	Concentración (mg/L)	LMP*
pH	6-7	6.5	5-10
Temperatura	30°	38.5°	40°
DQO	860-6,700	5825	N/D
Fósforo	70-400	23.4	30
ST	650-3000	2655	125
STV	250-500	1565	2
SST	350-550	1250	264
SSV	160-1200	1340	N/D

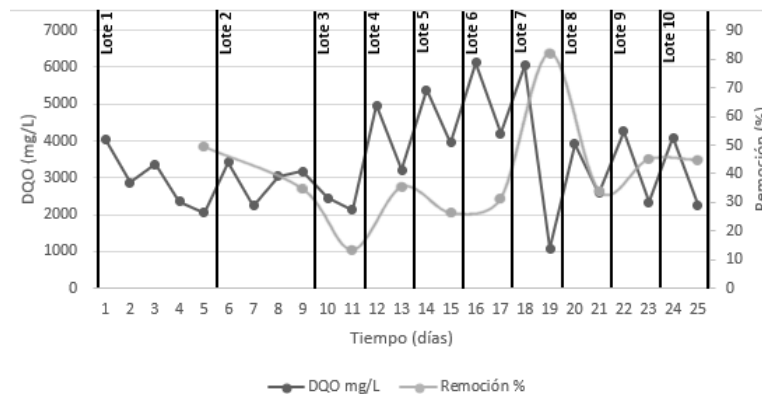
\*NOM-001-SEMARNAT-1996

Las características del agua residual indican que se trata de agua residual de concentración alta. De acuerdo con la norma (NOM-001-SEMARNAT-1999), el contenido en DQO y supera los límites máximos permisibles. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Aranda (2018), el cual obtuvo una DQO de 6800 mg/L con una concentración de ST de 1116 mg/L, en el mismo tipo de efluente. Aranda (2018), menciona que la elevada carga orgánica se deben a la presencia de sangre, ya que esta aporta mayor proporción de contaminantes a la carga orgánica total del residuo.

### Evolución de la eficiencia de remoción de DQO

Se inició la inoculación del reactor utilizando piedra volcánica (tezontle) como medio de soporte para la formación de biopelícula, ocupando el 50% del volumen del reactor. Este medio de soporte fue seleccionado por su alta porosidad (65%), densidad aparente ( $1.16 \text{ g/cm}^3$ ) (Bodik et al., 2002), tamaño de partícula (20 a 25 mm), y alta relación superficie/volumen ( $390 \text{ m}^2\text{m}^{-3}$ ). El Tezontle ha sido probado y utilizado en varias aplicaciones medioambientales como medio filtrante en humedales y en plantas de tratamiento a escala piloto (López-López et al., 2010).

La remoción de la DQO en el reactor durante 10 lotes se muestra en la Figura 3. El periodo de arranque tuvo una duración de 25 días. En la tabla 2 se muestran los resultados por lote. De acuerdo con Alvarado et al. (2008), el planteamiento original por lotes inicia la colonización para generar la interacción entre las bacterias, el medio de soporte, y el cambio continuo en la relación sustrato/microorganismos.



**Figura 3.** Evolución de remoción de DQO

**Tabla 2.** Resultado del tratamiento por lotes en el FAFA de efluentes avícolas.

No. Lote	Días	pH	Temperatura (°C)	DQO inicial (mg/L)	DQO final (mg/L)	Remoción (%)
1	5	7.04	28	4050	2050	49
2	4	7.04	26	3425	2237	34
3	2	7.04	24	2458	2125	13
4	2	7.04	24	4958	3208	35
5	2	7.04	25	5375	3958	26
6	2	7.04	26	6125	4208	31
7	2	7.04	23	6041	1091	81
8	2	7.04	24	3925	2591	33
9	2	7.04	24	4258	2341	45
10	2	7.04	25	4091	2258	44

El primer lote se llevó durante cinco días, en el cual se obtuvo una remoción del 49% es decir, 2000 mgDQO/L·d. El segundo lote se realizó durante 4 días y se obtuvo un 34% de remoción. Al observarse que la remoción era ligeramente menor, debido al comportamiento de los microorganismos, se decidió operar el reactor en lotes de dos días, en los cuales se observó remoción de 30 al 45%, durante 25 días de operación. En promedio, el reactor alcanzó una remoción de 39%. Este resultado permite conocer el potencial del reactor en modo continuo.

La temperatura y el pH fueron dos parámetros de control operacional que se mantuvieron monitoreados durante el periodo de operación. Esto debido a su alta importancia dentro del proceso. En el caso de la temperatura, se sabe que esta llega a afectar directamente la cinética bioquímica de las bacterias anaerobias, cuyo intervalo recomendado según Hernández, (1993) y Schleenstein, (2002), varía entre los 25 a 45°C. En este proceso, se pudo observar que la temperatura se mantuvo en un rango de 23-28°C, lo que se atribuye a las condiciones climáticas durante el periodo de operación, ya que el experimento se realizó durante temporada invernal.

Por otro lado, Alvarado (2011), menciona que el desarrollo de microorganismos y su actividad se encuentran ligados al rango ideal de pH, el cual se encuentra entre 6.2 y 8, ya que la actividad metabólica se inhibe a valores inferiores o superiores. Durante el periodo de operación, el reactor FAFA se mantuvo en un valor alrededor de 7, sin variaciones significativas entre el influente y el efluente.

Se observó una buena sedimentación de lodos durante el proceso experimental, la recirculación continua en el reactor favoreció el crecimiento rápido de la biopelícula.

## Conclusiones

Se sabe que el agua es un recurso ecosistémico de gran importancia para los procesos de producción. El reactor FAFA permitió determinar la efectividad del tratamiento por lotes para su posterior monitoreo en modo continuo; y así mismo obtener resultados para su aplicación a escala real en un rastro avícola.

A partir de la operación por lotes, durante un periodo de 25 días, concluimos que hubo una variación poco significativa en la remoción de la DQO, al igual que el rendimiento

del sistema, debido a que la fase estacionaria detuvo el crecimiento microbiano, sin embargo, se alcanzó buen porcentaje de remoción.

La buena sedimentación dentro del reactor y formación de gránulos en el medio de soporte durante los ciclos de operación, destacan la formación de biopelícula activa y adaptada. Los valores de remoción de la DQO alcanzados fueron de hasta un 45%, la capacidad buffer se mantuvo con un pH de 7.4, misma que se encontró dentro del rango recomendado, y la temperatura se mantuvo en promedio de 24°C. Este proyecto permitió determinar el tiempo óptimo de retención hidráulica en la operación del reactor para modo continuo.

### Agradecimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada para la realización de los estudios de maestría.

### Referencias.

1. J.A. Lozada. (2013). Obtención de biogás en base a mezclas de gallinaza con residuos orgánicos de cerdo y cuy. Tesis licenciatura. Universidad Técnica de Ambato.
2. Y. Caldera; E. Gutiérrez; M. Luengo; J. Chávez & L. Ruesga. (2010). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 20 (4), 409-416.
3. E. Padilla. (2010). Evaluación de un filtro anaerobio de flujo ascendente para tratar agua residual de rastro. Tesis Maestría. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C.
4. A. López-López; R. Vallejo-Rodríguez & D. C. Méndez-Romero. (2010). Evaluation of a combined anaerobic and aerobic system for the treatment of slaughterhouse wastewater. *Environmental Technology*, 31 (3), 319-326, <http://dx.doi.org/10.1080/09593330903470693>
5. L. T. Angenent; S. Sung & L. Raskin. (2002). Methanogenic population dynamics during startup of a full-scale anaerobic sequencing batch reactor treating swine waste. *Water Research*, 36, 4648-4654.
6. L. M. Nava; R. Gasperín & A. Durán. (2014). Comparación de un reactor de biomasa suspendida y un reactor de biomasa adherida para la biodegradación de compuestos tóxicos presentes en aguas residuales de refinerías de petróleo. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 30 (1), 101-112.
7. E. Padilla-Gasca & A. López-López. (2010). Kinetics of organic matter degradation in an Upflow Anaerobic Filter using slaughterhouse wastewater. *J Bioremed Biodegrad*, 1 (106), <http://dx.doi.org/10.4172/2155-6199.1000106>
8. K. Kawahara; Y. Yakabe; T. Ohide & K. Kida. (1999). Evaluation of laboratory-made sludge for an anaerobic biodegradability test and its use for assessment of 13 chemicals. *Chemosphere*, 39 (12), 2007-2018.
9. NOM-001-SEMARNAT-1996, Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, SEMARNAT, 1997.
10. J. I. Aranda. (2018). Aguas residuales provenientes de la industria avícola en Colombia: Generalidades y tratamientos. Una revisión bibliográfica. Universidad de los Llanos, <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.14655.00168>
11. I. Bodík; B. Herdová & M. Dřtil. (2002). The use of upflow anaerobic filter and AnSBR for wastewater treatment at ambient temperature. *Water Research*, 36 (2002), 1084-1088.
12. A. Alvarado-Lassman; E. Rustrián; M. A. García-Alvarado; G. C. Rodríguez-Jiménez & E. Houbron. (2008). Brewery wastewater treatment using anaerobic inverse fluidized bed reactor. *Bioresource Technology*. 99, 3009-3015.
13. A. A. Alvarado. (2011). Evaluación de materiales de desecho como medio filtrante en filtros anaerobios de flujo ascendente. Informe de proyecto para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

14. A. Hernández. (1993). Tratamiento anaerobio de aguas residuales, basuras, y escombros en el ámbito rural. Escuela de Caminos de Madrid. 293.
15. G. Schleenstein. (2002). Tesis. Puesta en marcha y operación de una planta anaerobia-aerobia a escala laboratorio para el tratamiento de riles de la industria cervecera. Universidad de la Frontera, Chile.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## OBTENCIÓN DE BIOMEMBRANAS POLIMÉRICAS A BASE DE PCL/GELATINA POR ELECTROHILADO COAXIAL

**D.L. Castillo-Sánchez<sup>1</sup>, A. M. Salgado-Delgado<sup>1</sup>, A. Olarte-Paredes<sup>1</sup>, E. García-Hernández<sup>1</sup> y A. Alvarez-Castillo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- MG12090293@itzacatepec.tecnm.mx, [amsd\\_2303@hotmail.com](mailto:amsd_2303@hotmail.com), [alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx](mailto:alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx), [eddgarcia@hotmail.com](mailto:eddgarcia@hotmail.com)

**Área de participación:** *Materiales y nanomateriales poliméricos*

### Resumen:

Policaprolactona (PCL) es un polímero compatible con una amplia gama de otros materiales, además de ser aprobado por la FDA en aplicaciones específicas utilizadas en el cuerpo humano (Sánchez, *et. al*, 2016). Sin embargo, su naturaleza hidrofóbica dificulta sus aplicaciones prácticas. El presente trabajo muestra una estrategia para elaborar andamios núcleo-cubierta de PCL y gelatina mediante electrohilado coaxial, con los beneficios estructurales del PCL y las propiedades biológicas e hidrofílicas de la gelatina, lo que representa una mayor unión y proliferación celular (Zheng, *et. al*, 2020).

Para evaluar la morfología y estructura de las nanofibras se utilizó Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) en las cuales se observaron fibras definidas con una estructura recubierta. Para el análisis químico se utilizó Espectroscopia de Transmisión de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) que nos muestra la presencia de dichos materiales utilizados. El ángulo de contacto promedio con el agua fue de 73°, que en comparación con el PCL puro (102°) comprueba sus excelentes propiedades hidrófilas. Las nanofibras electrohiladas coaxiales mostraron una respuesta favorable a la degradación acelerada en PBS. Dichas propiedades demuestran las posibles aplicaciones biomédicas de las nanofibras electrohiladas coaxiales de PCL/GE como en ingeniería tisular, liberación y transporte de fármacos, regeneración guiada, etc.

### Introducción.

Un andamio o escaffold es una estructura artificial que proporciona un soporte adecuado para la formación de células extracelulares capaz de interactuar con las del cuerpo antes de formar nuevos tejidos. Existen varios métodos para la elaboración de dichos andamios, uno de ellos es el electrohilado o electrospinning que permite obtener fibras poliméricas en períodos de tiempo relativamente cortos, mediante la aplicación de un campo eléctrico (Jafari, *et. al*, 2017). El electrohilado coaxial es una modificación de esta técnica en donde se utilizan dos agujas huecas concéntricas, y se inyectan dos fluidos inmiscibles a velocidades de flujo direccionables por separado (Amberak, *et. al*. 2019). Muchos estudios han demostrado que el electrohilado coaxial permite obtener fibras núcleo-cubierta, lo que conlleva a una sinergia de los materiales.

PCL es un polímero ampliamente estudiado, por lo que se conoce su buena biocompatibilidad y biodegradabilidad con excelentes propiedades mecánicas. Sin embargo, por sí solo es relativamente hidrofóbico (Zheng, *et. al*, 2020), lo que limita su capacidad celular. La gelatina, por otro lado, es un polímero natural con excelentes propiedades hidrofílicas, además de que posee un alto número de grupos funcionales que conducen a una buena unión y proliferación celular.



En el presente trabajo se elaboraron membranas poliméricas mediante electrohilado coaxial, que constan de PCL en el núcleo y GE en la cubierta, las cuales muestran buenas propiedades de hidrofilia, por lo que ofrecen una estrategia para aumentar las funciones de los materiales desde la perspectiva de las aplicaciones biomédicas.

Aunque el uso del electrohilado se conoce desde hace algún tiempo, sigue resultando un desafío el uso de materiales que brinden propiedades mejoradas.

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

En 2019, Talebi y colaboradores utilizaron la técnica de electrohilado tradicional para obtener andamios nanofibrosos compuestos de PCL/gelatina que pueden soportar la proliferación y colonización de células madre espermatozonales de ratón.

Ren, *et. al*, 2017 fabricaron membranas a partir de la mezcla PCL/gelatina a diferentes concentraciones mediante electrohilado tradicional, las fibras resultaron ser más gruesas en los grupos que contenían la cantidad de gelatina máxima, lo que provocó la formación de aglomerados.

Zhang, *et. al*. 2020, elaboraron mediante electrohilado coaxial una malla de fibra que contenía resveratrol/óxido de polietileno (50:50) en el núcleo y xantohumol/PLGA (10:90) en la cubierta, eficaces para la liberación controlada de dichos fármacos (RES y XAN) en el tratamiento de cáncer.

### **Materiales**

Policaprolactona (PCL, peso molecular 80,000) se adquirió de Aldrich Chemistry, gelatina comercial (Tipo B), 2,2,2-Trifluoroetanol (TFE) CAS: 75-89-8 de Sigma Aldrich, tabletas de solución salina tamponada de fosfato (PBS) CAS 7778-77-0 de EMD Millipore Corp.

### **Preparación de las soluciones poliméricas PCL/GE**

Se prepararon soluciones poliméricas de Gelatina al 10% y 15% p/v con TFE, utilizando baño ultrasónico por 2h., las soluciones de PCL se prepararon al 10% p/v con TFE, en baño ultrasónico por 3 h.

### **Obtención de las membranas por electrohilado**

Para las fibras de PCL y gelatina puros se utilizó electrohilado tradicional (uniaxial). El electrohilado coaxial se realizó con gelatina en la cubierta y PCL en el núcleo. Se formularon las siguientes variantes en el proceso (tabla 1) para encontrar una fórmula óptima para la obtención de las biomembranas. Utilizando concentraciones de GE (10% y 15% p/v en TFE), distancias de 10, 15 y 20 cm de la aguja al colector y voltajes de 20, 25 y 30 kV.

Tabla 4. Matriz de trabajo y variación de parámetros utilizados para la elaboración de biomembranas poliméricas PCL/GE

NUCLEO		CARCASA	DISTANCIA (cm)	VOLTAJE (Kv)	
PCL UNIAXIAL			15	25	-
GE UNIAXIAL			15	25	-
PCL 10%	GE 10%		10	20 P10G10-D10V20	25 P10G10-D10V25
PCL 10%	GE 15%		10	20 P10G15-D10V20	25 P10G15-D10V25
PCL 10%	GE 10%		15	20 P10G10-D15V20	25 P10G10-D15V25
PCL 10%	GE 15%		15	20 P10G15-D15V20	25 P10G15-D15V25
PCL 10%	GE 10%		20	20 P10G10-D20V20	25 P10G10-D20V25
PCL 10%	GE 15%		20	20 P10G15-D20V20	25 P10G15-D20V25

### Caracterizaciones

Para determinar la morfología de las fibras se obtuvieron imágenes de Microscopio Electrónico de Barrido utilizando un JEOL modelo JSM-6010LA, las muestras se cubrieron con una película de oro en un sputter de alta resolución. La composición química se determinó utilizando Espectroscopia de Transmisión de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) marca PerkinElmer modelo Spectrum Two ATR en un rango de número de onda de 600 a 4000  $cm^{-1}$ . Los ángulos de contacto con el agua se midieron en un aparato de ángulo de contacto óptico, para dichas mediciones, se goteó sobre la muestra 1 mL de agua destilada y se tomaron fotos después de 3 s de contacto, repitiendo las medidas cuatro veces.

La degradación acelerada (Uscategui, *et. al*, 2017) se realizó sumergiendo a las nanofibras con solución de PBS dentro de viales con 50 mL a 100 °C durante 24, 48 y 72 h. Las muestras se retiraron de la solución y se secaron a 40 °C por 24 h, posteriormente se realizó SEM.

### Resultados y Discusión.

Para comprobar la morfología de los sistemas elaborados se tomaron micrografías SEM (figura 1) en las cuales se observan fibras definidas y entrelazadas. La figura 1a y 1b muestran los sistemas electrohilados uniaxiales de gelatina (diámetro=2.4656  $\mu m$ ) y PCL (diámetro= 1.2954  $\mu m$ ) respectivamente, en ellas se observa que la GE por si sola presenta una geometría plana con aglutinamiento del polímero, mientras que PCL con diámetros más pequeños se presentan definidas y enlazadas entre si. La figura 3c muestra las fibras electrohiladas coaxiales PCL en el núcleo y GE en la cubierta, las cuales son relativamente uniformes y suaves, vistas a 5000x, presentan un diámetro promedio de 0.1125  $\mu m$ .

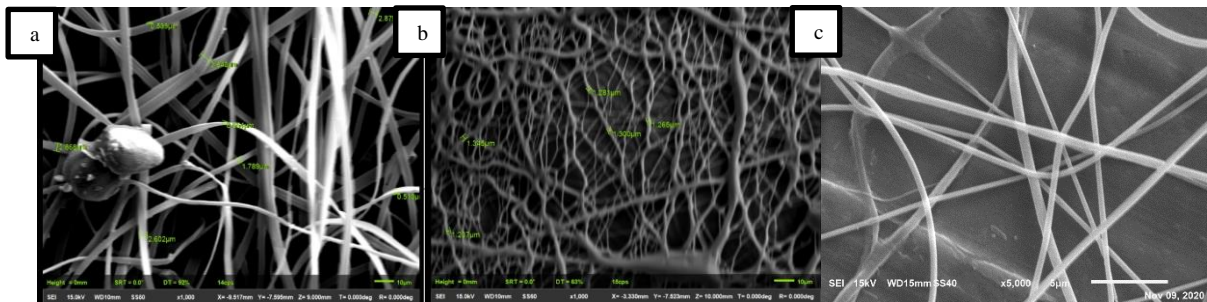


Figura 5. Micrografías SEM a) gelatina prístina b) PCL prístino y c) PCL/GE

Los resultados FTIR de PCL y gelatina prístinos (figura 2) muestran los grupos representativos de cada uno de los polímeros utilizados, amida I ( $1650\text{ cm}^{-1}$ ) y amida II ( $1540\text{ cm}^{-1}$ ) presentes en la gelatina, así como los estiramientos asimétrico del  $\text{CH}_2$  ( $2943\text{ cm}^{-1}$ ) y simétrico ( $2866\text{ cm}^{-1}$ ) representativos de la PCL, mismos que se pueden observar en los espectros FTIR (figura 3) de las membranas obtenidas mediante electrohilado coaxial a concentraciones del 10% de gelatina (figura 3a) y al 15% de gelatina (figura 3b), esto nos indica una buena incorporación de los materiales PCL y GE en las membranas

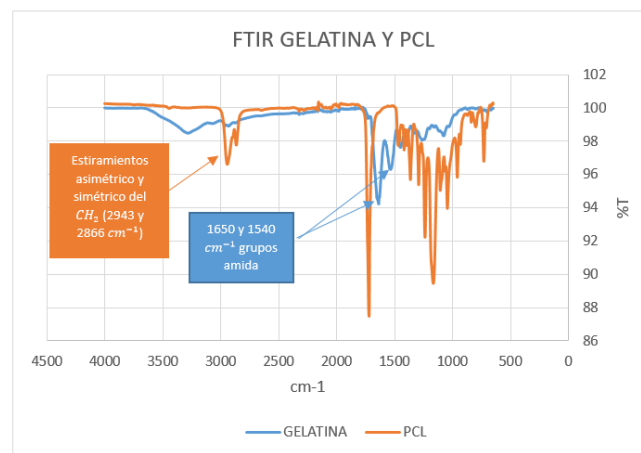


Figura 6. FTIR de gelatina y PCL puros obtenidos por electrohilado uniaxial

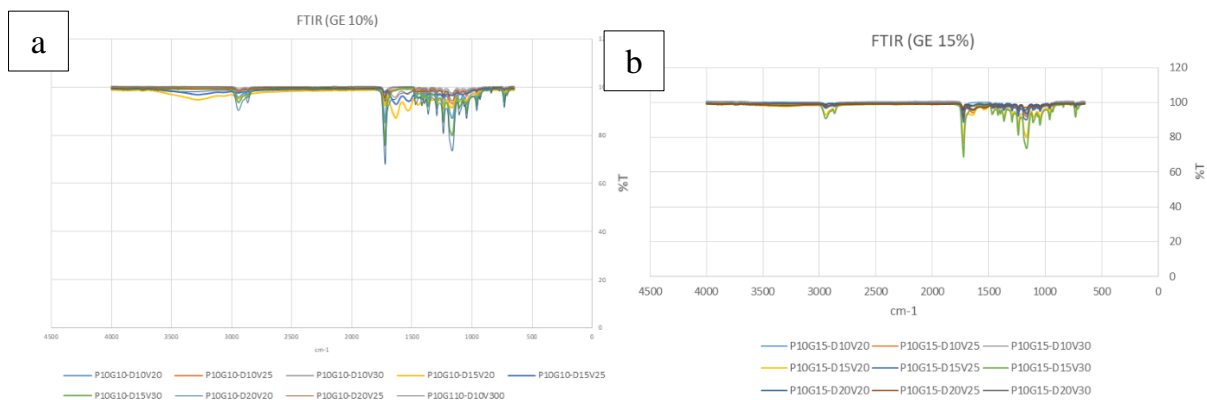


Figura 7. FTIR de membranas electrohiladas coaxiales, a) GE al 10% y b) GE 15%

La hidrofilia y humectabilidad de las membranas son de gran importancia para la unión y proliferación celular. Las mediciones de ángulo de contacto con el agua nos indica que PCL prístino (figura 4a) es moderadamente hidrofóbico (ángulo promedio=  $120^\circ$ ), mientras que el uso de la gelatina (figuras 4b, 4c y 4d) disminuye el ángulo de contacto a medida que aumenta su concentración, debido a los grupos funcionales presentes en su estructura, esto indica que la incorporación de la gelatina aumenta la hidrofilia de las membranas.

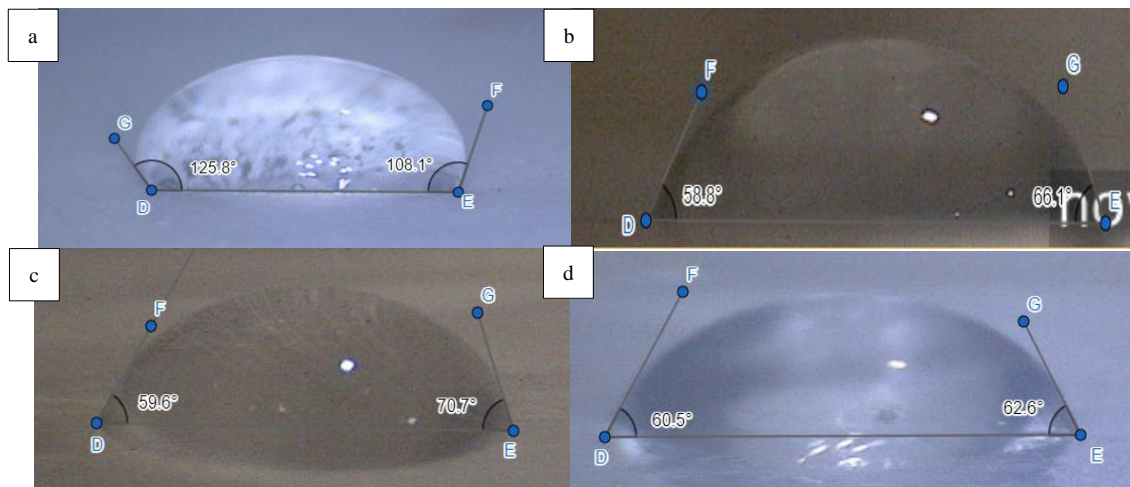


Figura 8. **Ángulo de contacto** a) PCL puro, b) gelatina pura, c) GE 10% y d) GE 15%

Una propiedad importante para el uso de las membranas, es el proceso de una biodegradación adecuada (figura 4). Las imágenes SEM de las membranas a 24 h de una biodegradación acelerada (figuras 4a y 4b) muestran una rotura y rugosidad de las membranas, mientras que a 48 y 72 h se forman aglomerados (4c y 4d) que según estudios de Ren, *et. al*, 2017 se debe a la presencia de los elementos Na y Cl.

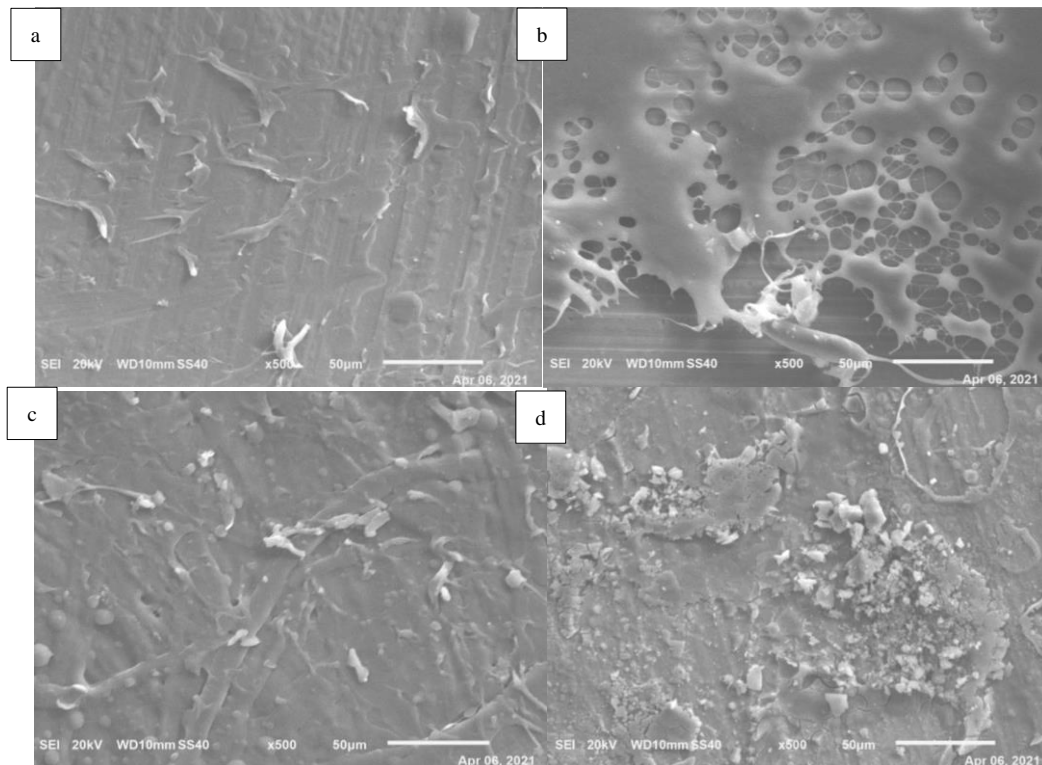


Figura 9. Micrografías SEM. Degradación acelerada de membranas PCL/GE coaxial en PBS, a) 24h b) 24h, c) 48h y d) 72h

## Conclusiones.

Se fabricaron biomembranas poliméricas obtenidas por electrohilado coaxial, las cuales muestran un revestimiento uniforme núcleo-cubierta con un diámetro promedio de  $0.1125 \mu\text{m}$ . El análisis FTIR muestra características tanto de PCL como de gelatina, lo que proporciona mayor evidencia de su fabricación exitosa. La presencia de la gelatina provoca un descenso en el ángulo de contacto, lo que se traduce en un aumento y mejora de la hidrofilia, y nos habla de una buena proliferación celular. Por último, la buena degradación acelerada en solución PBS hace de este andamio un potencial candidato para aplicaciones biomédicas.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por parte del Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) CVU: 1010494, así como al Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Zacatepec y al Departamento de Posgrado e Investigación de dicho Instituto por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

## Referencias

1. R. S. Ambekar; B. Kandasubramanian; Advancements in nanofibers for wound dressing: A review. *European Polymer Journal*. 2019.
2. M. Jafari; Z. Paknejad; MR. Rad; SR. Motamedian; MJ. Eghbal; N, Nadjmi; A. Khojasteh; Andamios poliméricos en ingeniería de tejidos: una revisión de la literatura. *Revista de Investigación de Materiales Biomédicos Parte B: Biomateriales Aplicados*, 2017 105 (2), 431-459.



3. K. Ren; Y. Wang; T. Sun; W. Yue; H. Zhang; Electrospun PCL/gelatin composite nanofiber structures for effective guided bone regeneration membranes. *Materials Science and Engineering*: 2017, 78, 324-332.
4. A.P. Sánchez Cepeda; R. Vera-Graziano; E. J. Muñoz-Prieto; E. Y. Gómez-Pachón; M. J. Bernad-Bernad; A. Maciel-Cerda; Preparación y caracterización de membranas poliméricas electrohiladas de policaprolactona y quitosano para la liberación controlada de clorhidrato de tiamina. *Ciencia en Desarrollo*, 2016 7(2), 133-151.
5. Talebi; M. A. Sadighi-Gilani; M. Koruji; J. Ai; S. Navid; M. J. Rezaie; Y. Hoshino, Proliferación y Diferenciación de Células Madre Espermatogónicas de Ratón en una Superficie Tridimensional Compuesta de Nanofibras PCL/Gel. *International Journal of Morphology*, 2019 37(3), 1132-1141.
6. Y. L. Uscategui; L. E. Díaz; M. F. Valero; Actividad antibacteriana, degradación hidrolítica y microbiana y citotoxicidad in vitro de poliuretanos sintetizados con polioles derivados del aceite de higuera. *Quim. Nova*, 2017 40(2), 131-137.
7. X. Zhang; L. Han; Q. Sun; W. Xia; Q. Zhou; Z. Zhang; X. Song; Liberación controlada de resveratrol y xantohumol a través de fibras coaxiales de electrohilado. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 2020 31 (4), 456-471
8. Y. Zheng; D. Su; J. Yuan; L. Zha; Y. Xiao; J. Che; Nanofibras de núcleo-vaina coaxiales de fibroína de seda / poli ( $\epsilon$  - caprolactona) electrohiladas aplicadas a andamios y portadores de fármacos. *Ingeniería y ciencia de polímeros*, 2020 60 (4), 802-809.

### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## EFFECTO DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN LA CRISTALINIDAD DE BIOPOLÍMEROS BACTERIANOS DE TIPO POLIHIDROXIBUTIRATO (PHB)

R. E. Martínez-Herrera<sup>1</sup>, B.A. Castillo-Cazares, I. Quintero-Zapata<sup>1</sup>, V. Almaguer-Cantú<sup>1</sup> y M. E. Alemán-Huerta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Instituto de Biotecnología. Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán s/n. Ciudad Universitaria. C.P. 66455. San Nicolás de los Garza, Nuevo León. [raul.martinezhrr@uanl.edu.mx](mailto:raul.martinezhrr@uanl.edu.mx), [brenda.castilloczr@uanl.edu.mx](mailto:brenda.castilloczr@uanl.edu.mx), [isela.quinterozp@uanl.edu.mx](mailto:isela.quinterozp@uanl.edu.mx), [veronica.almaguerct@uanl.edu.mx](mailto:veronica.almaguerct@uanl.edu.mx), [maria.alemanhr@uanl.edu.mx](mailto:maria.alemanhr@uanl.edu.mx)

**Área de participación:** *Materiales y Nanomateriales Poliméricos*

### Resumen

El polihidroxibutirato (PHB) es un polímero de origen natural producido por una amplia gama de cepas bacterianas aisladas de distintos ecosistemas. Las propiedades fisicoquímicas de este biopolímero, aunado a su naturaleza biodegradable y biocompatible han permitido que este biomaterial sea considerado como un potencial sustituto de los plásticos de origen petroquímico en diversas áreas del desarrollo humano. El objetivo del presente estudio se basó en evaluar cualitativamente mediante espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) las propiedades cristalinas del biopolímero producido por la cepa bacteriana HI12, la cual creció bajo la influencia del medio de cultivo rico en glucosa y deficiente en peptona (GRPD) a condiciones de 30°C, 150 rpm y pH 6 durante 12, 24, 36 y 48 h. El biopolímero producido a través de los distintos tiempos de fermentación es PHB sin aparentes modificaciones químicas. Sin embargo, la cristalinidad se vio afectada por este parámetro de incubación. Por lo tanto, se define que las propiedades físicas del PHB son dependientes de los procesos metabólicos que existen en la célula cuando esta se desarrolla a través del tiempo de fermentación.

**Palabras clave:** Bioplásticos; Biopolímeros; FTIR; Polihidroxialcanoatos (PHAs)

### Introducción

Los polihidroxialcanoatos (PHAs) son biopolímeros que se acumulan a manera de gránulos citoplasmáticos (carbonosomas) por una amplia variedad de cepas bacterianas aisladas de distintos ecosistemas (Jendrosseck, 2009; Mozejko-Ciesielska & Kiewisz, 2016). Este biopolímero se produce cuando ocurre un proceso metabólico desencadenado por la influencia de condiciones ambientales; tal es el caso de los radios irregulares de carbono: nitrógeno (C: N), la presencia de algún agente estresante (sales, metales, ácidos orgánicos o detergentes) o en algunos casos, la presencia de condiciones balanceadas durante el crecimiento bacteriano (Koller & Braunegg, 2018).

Se han documentado más de 90 géneros y más de 300 especies de microorganismos productores de PHAs (principalmente bacterias), que emplean carbohidratos, lípidos, proteínas, compuestos aromáticos, residuos agroindustriales y gases como fuentes de carbono (Alves et al., 2017). Asimismo, los PHAs pueden clasificarse en base a su estructura química, donde se reportan los PHAs de cadena corta (PHAs-scl) que contienen de 2-5 átomos de carbono, los PHAs de cadena media (PHAs-mcl) que contienen de 6-14 átomos de carbono y los PHAs de cadena larga o mixta (PHAs-lcl), los cuales combinan estructuras de los grupos antes mencionados (Chee et al., 2010).

Dentro de esta amplia familia de biopolímeros el que mas destaca es el polihidroxibutirato (PHB), el cual es un tipo de PHA-scl que se caracteriza por presentar altos puntos de fusión (~ 180°C), una alta cristalinidad (~ 80%), hidrofobicidad y resistencia a la LUV. Asimismo, este biomaterial posee propiedades biodegradables y biocompatibles que lo hacen un excelente reemplazo del polipropileno y polietileno en diversas áreas del desarrollo humano (Muhammadi et al., 2015).

El uso del PHB ha sido propuesto en diversas áreas de desarrollo, tal es el caso del área médica; donde su uso destaca como material para la liberación de fármacos controlados, la fabricación de andamios para la regeneración de tejidos, material para bioimplantes y la producción de suplementos alimenticios. También, en la industria ha destacado su uso para la fabricación de empaques, coberturas, geles termorresistentes y la producción de biocombustibles con alto octanaje. Y en el área agrícola su uso resalta para la fabricación de composta, bolsas estimulantes de crecimiento y la formulación de pesticidas (Butt et al., 2018; Możejko-Ciesielska & Kiewisz, 2016).

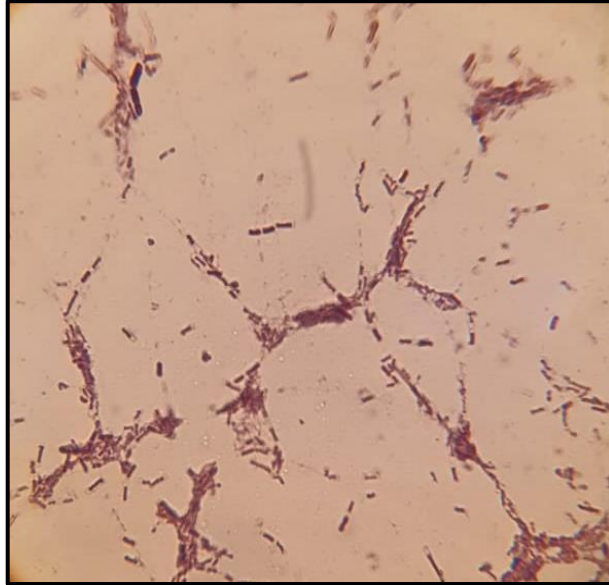
Actualmente, el PHB es producido de manera industrial por distintas empresas internacionales, pero su alto costo de producción ha limitado su compraventa en el mercado mundial de los plásticos (Gómez Cardozo et al., 2016). No obstante, uno de los puntos críticos para mejorar la producción de este material es la caracterización, ya que este análisis da una idea acerca de las posibles aplicaciones que el PHB obtenido podría tener y esto a su vez permitiría que el PHB obtenido fuese más competente frente a los plásticos de origen sintético (Hernández-Núñez et al., 2019). Además, es importante resaltar los cambios que se producen en este biopolímero cuando la cepa bacteriana esta bajo la influencia de distintas condiciones. Este último punto es relevante, ya que indica su estabilidad al ser sometido a un posterior procesado (Butt et al., 2018).

Dada la importancia que presenta el PHB como un material útil para el desarrollo humano y la relevancia de caracterizar las propiedades de este biomaterial. El objetivo del presente proyecto se centro en analizar la composición química y la cristalinidad de manera cualitativa mediante la técnica analítica de Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR) a partir de las muestras de biopolímero producido por la cepa bacteriana HI12 bajo la influencia del medio de cultivo rico en glucosa y deficiente en peptona (GRPD) a diferentes tiempos de fermentación.

## Sección Experimental

### *Cepa bacteriana*

La cepa Gram positiva denominada con la clave HI12 (**Figura 1**) perteneciente a los ceparios microbiológicos del L-10, Instituto de Biotecnología, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL fue empleada para la realización de este trabajo.



**Figura 1.** Morfología microscópica de la cepa bacteriana HI12.

#### *Producción y extracción de PHB*

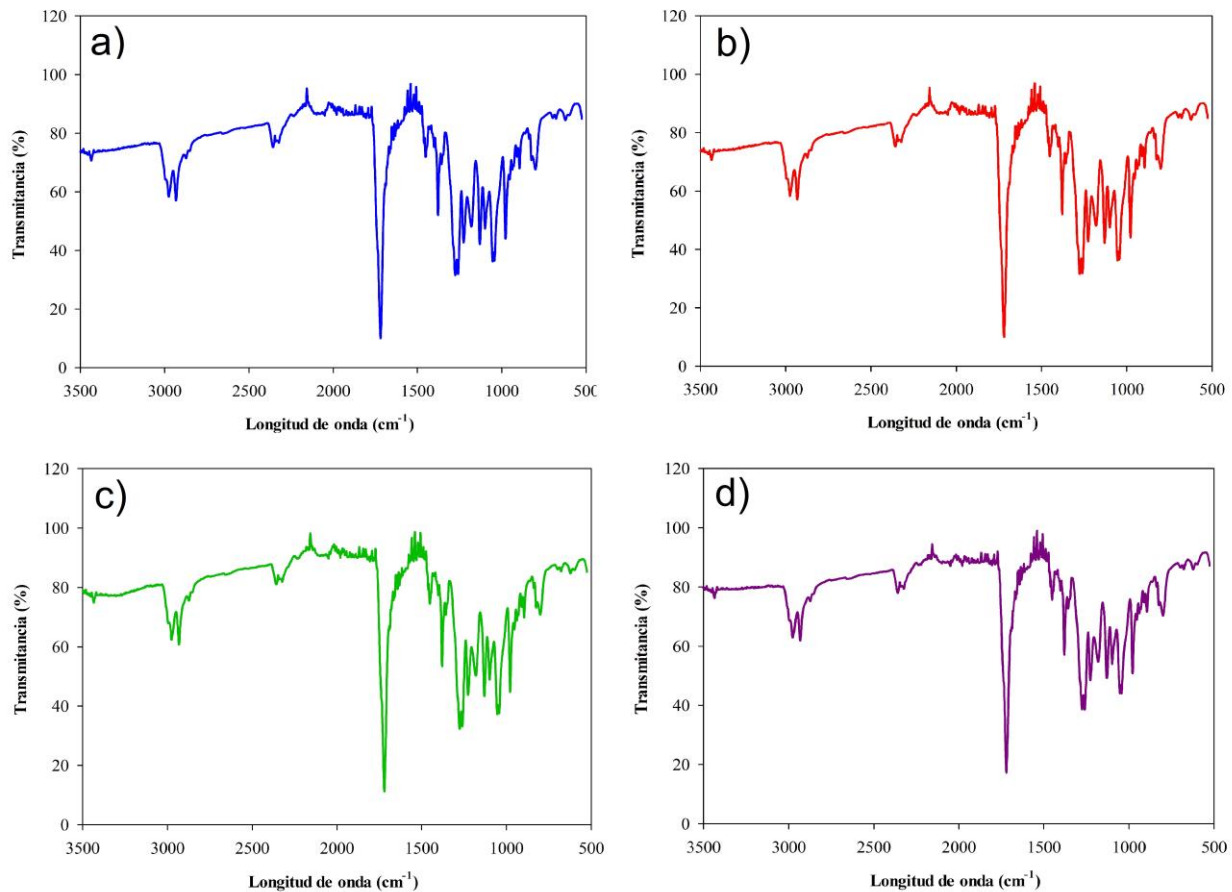
La cepa bacteriana HI12 fue inoculada en el medio de cultivo rico en glucosa y deficiente en peptona (GRPD) reportado por Masood et al., (2017) y fue incubada a condiciones de 30°C, 150 rpm y pH 6 durante 12, 24, 36 y 48 h. El PHB producido fue recuperado mediante el protocolo NaOCl-Cloroformo reportado por Hahn et al., (1994) y Martínez-Herrera et al., (2020).

#### *Caracterización por FTIR*

La caracterización de los grupos funcionales de los biopolímeros obtenidos fue analizada mediante la técnica analítica de Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR). Una pequeña muestra fue escaneada en un rango de 500 a 3500  $\text{cm}^{-1}$  con 64 escáneres por muestra y una resolución de 4  $\text{cm}^{-1}$  (Martínez-Herrera et al., 2020).

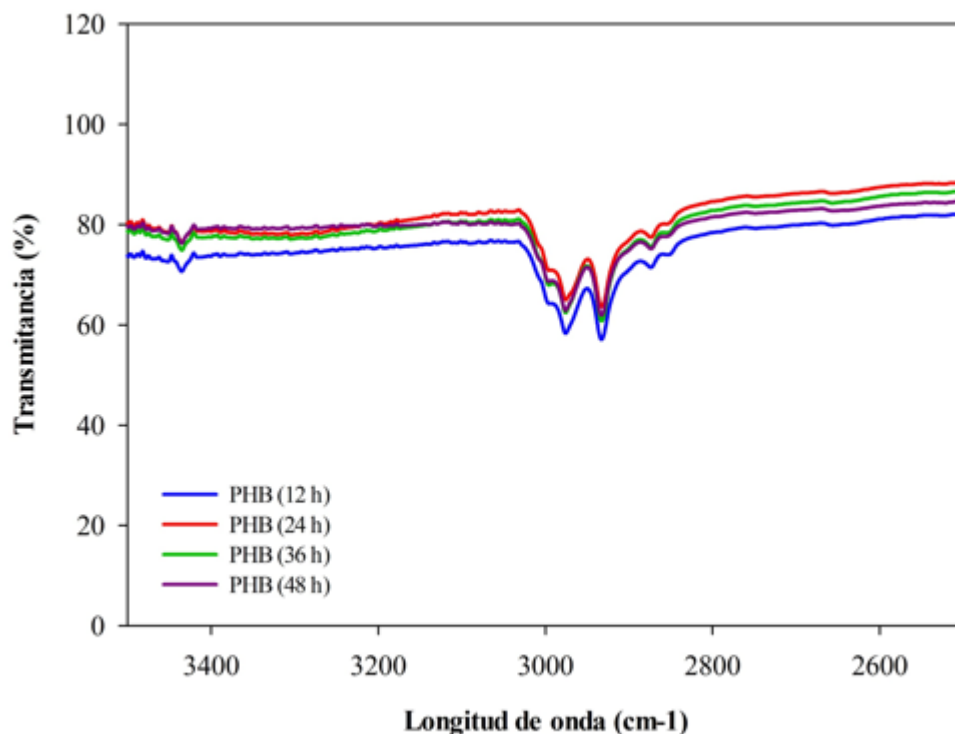
#### **Resultados y Discusión**

Los espectros de infrarrojo (**Figura 2**) indicaron la presencia de picos en la región 2500-3500  $\text{cm}^{-1}$ , los cuales hacen referencia a los grupos metil ( $\text{CH}_3$ ) y metileno ( $\text{CH}_2$ ). Asimismo, un pico muy intenso fue observado en 1720  $\text{cm}^{-1}$ , el cual corresponde al enlace éster carbonilo ( $\text{C}=\text{O}$ ) característico de los homopolímeros de PHB. Y en la región de 800 a 1500  $\text{cm}^{-1}$  se observa una huella correspondiente a los enlaces C-C-O y C-O-C, correspondientes a las regiones cristalinas y amorfas del biopolímero (Martínez-Herrera et al., 2020). Por lo tanto, el biopolímero obtenido es PHB sin aparentes cambios químicos.



**Figura 2.** Espectros FTIR de **a)** biopolímero obtenido a 12 h, **b)** biopolímero obtenido a 24 h, **c)** biopolímero obtenido a 36 h y **d)** biopolímero obtenido a 48 h.

En cuanto a la cristalinidad cualitativa del PHB obtenido a las diferentes horas de fermentación (**Figura 3**), esta se mostró como cambios en la transmitancia de los picos de la región 2500-3500  $\text{cm}^{-1}$  (los cuales refieren a la presencia de los grupos  $\text{CH}_3$  y  $\text{CH}_2$ ), siendo el PHB producido a las 12 h de fermentación aquel que indica un incremento en la cristalinidad. Dichos cambios están relacionados a las variaciones de peso molecular que existen durante la acumulación de este biopolímero y a los cambios metabólicos ocurridos en la cepa bacteriana a lo largo del proceso fermentativo (López-Cuellar et al., 2011; Martínez-Herrera et al., 2020). Cabe señalar que es necesario confirmar los cambios cristalinos y de peso molecular mediante las técnicas de Difracción por Rayos X (XRD), Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y Cromatografía de Gases, esto con el fin de obtener una relación entre los cambios de peso molecular, cristalinidad y los cambios metabólicos ocurridos durante el crecimiento de la cepa bacteriana HI12.



**Figura 3.** Espectro FTIR de los cambios cualitativos de la cristalinidad del PHB obtenido a 12, 24, 36 y 48 h.

### Conclusiones.

Los extractos obtenidos de la cepa bacteriana HI12 son homopolímeros de PHB sin aparentes cambios químicos. Sin embargo, un visible cambio en la cristalinidad del biomaterial fue observado cuando el PHB fue recuperado a las diferentes horas de fermentación (12, 24, 36 y 48 h), lo cual es un indicio de las alteraciones del peso molecular del PHB acumulado. Este último aspecto tiene relación con los cambios metabólicos que ocurren durante el crecimiento celular de la cepa bacteriana empleada para este estudio.

### Referencias

1. D. Jendrossek *J. Bacteriol. Res.* 2009, 191, 3195–3202.
2. E. Hernández-Núñez; C. Martínez-Gutierrez; A. López-Cortés; M. Aguirre-Macedo; C. Tabasco-Novelo; M. González-Díaz; J. García-Maldonado *J. Polym. Environ.* 2019, 1–7.
3. F. Masood; M. Abdul-Salam; T. Yasin; A. Hameed *3 Biotech.* 2017, 7, 1–9.
4. F. I. Butt; N. Muhammad; A. Hamid; M. Moniruzzaman; F. Sharif *Int. J. Biol. Macro.* 120, 1294–1305.
5. J. Możejko-Ciesielska; R. Kiewisz *Microbiol. Res.* 2016, 192, 271–282.
6. J. R. Gómez Cardozo; A. L. Mora Martínez; M. Yepes Pérez; G. A. Correa Londoño *Int. J. Polym. Sci.* 2016, 1–12.
7. J. Y. Chee; S. S. Yoga; N. Lau; S. Ling; R. M. M. Abed; K. Sudesh *C. Biotech. Res.* 2010, 5, 1395–1404.

8. M. Koller; G. Braunegg *The EuroBiotech J.* 2018, 2, 89–103.
9. M. I. Alves; K. L. Macagnan; A. A. Rodrigues; D. A. De Assis; M. M. Torres; P. D. De Oliveira; A. D. S. Moreira *Ind. Biotech.* 2017, 13, 192–208.
10. M. R. López-Cuellar; J. Alba-Flores; J. N. Gracida Rodríguez; F. Pérez-Guevara *Int. J. Biol. Macro.* 2011, 48, 74–80.
11. R. E. Martínez-Herrera; M. E. Alemán-Huerta; V. Almaguer-Cantú; W. Rosas-Flores; V. Martínez-Gómez; I. Quintero-Zapata; G. Rivera; O. M. Rutiaga-Quiñones *Int. J. Biol. Macro.* 2020, 164, 771–782.
12. S. K. Hahn; Y. K. Chang; B. S. Kim; H. N. Chang *Biotech. Bioeng.* 1994, 44, 256–261.

### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROXIAPATITA A PARTIR DE CÁSCARA DE HUEVO DE GALLINA PARA APLICACIONES EN PROTESIS METÁLICAS

**E. R. Muñoz-Sánchez<sup>1</sup>, C. D. Arrieta-Gonzalez<sup>2</sup>, J. Porcayo-Calderon<sup>3</sup> y A. Quinto-Hernandez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [mg12090323@zacatepec.tecnm.mx](mailto:mg12090323@zacatepec.tecnm.mx) (E. R. M. S.)

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx](mailto:cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx) (C. D. A. G.), [alfredo.gh@zacatepec.tecnm.mx](mailto:alfredo.gh@zacatepec.tecnm.mx) (A. Q. H.)

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora 83000 – [jporcayoc@gmail.com](mailto:jporcayoc@gmail.com) (J. P. C.)

**Área de participación:** *Bioprocesos*

### Resumen:

El presente trabajo reporta la síntesis y caracterización de hidroxiapatita (HAp) de origen natural para usarse como recubrimiento biocerámico en superficies de Ti. La obtención de nanopartículas de HAp se logró a partir del  $\text{CaCO}_3$  contenido en cáscaras de huevo de gallina, usando un método de precipitación húmeda. Esta síntesis fue posible precipitando  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a  $\text{pH}=10$ , el cual previamente se obtuvo del contacto de  $\text{CaO}$  (producido en la calcinación del  $\text{CaCO}_3$  de las cáscaras de huevo) con soluciones de  $\text{HNO}_3$  y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . La caracterización de las nanopartículas de HAp se realizó a través de análisis de difracción de rayos X (DRX), dispersión de energía de Rayos X (EDS) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Se presentan las evoluciones cristalinas y morfológicas de la cáscara de huevo al someterse a calcinación en un rango de 700 - 1100°C, para la obtención de  $\text{CaO}$ . Los resultados de DRX han permitido identificar HAp a partir de 700°C, determinándose una temperatura óptima de calcinación de 1000°C, así como mediciones submicrométricas de las partículas de  $\text{CaO}$ . El análisis EDS permitió estimar una relación  $\text{Ca/P} \sim 1.62$ , un resultado adecuado considerando que la relación estequiométrica de la HAp en tejido óseo se sitúa en un rango de 1.5 a 1.9. Finalmente, el estudio de SEM sugiere que la calcinación permitió producir tamaños de cristal nanométrico de la HAp con una morfología dispersa. Estudios posteriores permitirán evaluar la capacidad a la corrosión de la HAp como recubrimiento en Ti, para su posible uso en prótesis médicas.

### Introducción

Los biomateriales son aquellas sustancias utilizadas en la fabricación de dispositivos que interactúan con sistemas biológicos y que se aplican en diversas ramas de la medicina [Soria *et al.*, 2009]. Estos materiales pueden ser de piel, plástico, cerámica, metal; entre otros, los cuales pueden reemplazar y/o restaurar tejidos, huesos u órganos del cuerpo humano. El propósito de los biomateriales es restablecer su función, la cual fue alterada por enfermedad o accidente; y en consecuencia, mejorar la calidad de vida en el paciente. El biomaterial puede ser de origen natural o sintético, y debe tener la capacidad de integrarse a un organismo vivo para ayudar a cumplir el propósito para el cual se diseña. Independientemente de la aplicación que se le dé al biomaterial, éste debe ser biocompatible, no tóxico, poseer buena resistencia mecánica y a la corrosión por fluidos corporales, así como ser químicamente estable, entre otras. [Lu *et al.*, 2005]. En general, los biomateriales se han clasificado en poliméricos, cerámicos, compuestos y metálicos, siendo estos últimos los más susceptibles a la corrosión localizada en el cuerpo humano. La corrosión es la responsable de los rechazos o fallas de las prótesis médicas conocidas como implantes metálicos, por lo que este problema ha exigido la

aplicación de recubrimientos en el metal, con características biocompatibles, y que no interfieran en la resistencia a la corrosión del biomaterial.

Actualmente, se comercializan prótesis recubiertas con hidroxiapatita ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), o HAp) por ser el material estructural y químicamente más parecido al componente mineral de los huesos y dientes. La HAp se caracteriza por ser biocompatible, bioactiva y capaz de interactuar con el hueso circundante. También, la HAp mejora la osteointegración, simula la formación de hueso (osteoinducción) y hay indicios de que promueve una unión química verdadera entre la HAp y el hueso [Jarcho y Ortho, 1981]. Para lograr el recubrimiento del metal en las prótesis médicas, la HAp es depositada por diversos métodos, siendo los más utilizados por deposición sol-gel y deposición electroforética (EPD). La EPD uno de los más empleados por ser una técnica versátil, la cual permite obtener recubrimientos delgados multifuncionales [Van der Biest y Vandeperre, 1999], siendo sus principales ventajas la simplicidad y la eficiencia del proceso. Adicionalmente, la experimentación se puede realizar a temperatura ambiente, y se puede controlar el espesor y porosidad de los recubrimientos depositados.

El presente trabajo se centra en reportar la síntesis y caracterización de HAp a partir cáscaras de huevo de gallina, una fuente natural de  $\text{CaCO}_3$ . Hasta donde tenemos conocimiento, el empleo de cáscaras de huevo de gallina como fuente de HAp no ha sido utilizada como recubrimiento en prótesis metálica alguna, por lo que se planea utilizar como un recubrimiento natural sobre Ti por EPD en un estudio posterior.

## Sección Experimental

### Calcinación de la cáscara de huevo

Las cáscaras de huevo se sometieron a una extracción manual de la membrana de la cara interior de la cáscara. Posteriormente, las cáscaras resultantes fueron enjuagadas con agua destilada, secadas y finalmente trituradas en mortero de ágata hasta obtener un tamaño de partícula  $< 5$  mm. La calcinación se realizó en un horno eléctrico tubular vertical casero. Para esto, 5 g de cáscara de huevo se colocaron dentro de crisoles de cuarzo y expuestos a diferentes temperaturas (700 a 1100°C, a intervalos de 100°C) durante una hora, en atmósfera estática de aire. Después de cada período de calcinación, los crisoles con el residuo de calcinación fueron pesados inmediatamente para determinar su pérdida de masa.

### Método de precipitado [Sanosh *et al.*, 2009]

El CaO (obtenido a partir de la calcinación de la cáscara de huevo) se disolvió en agua destilada en una relación (P/V) = 2 g CaO/70 mL  $\text{H}_2\text{O}$  destilada. Esta solución se calentó hasta 60 °C en agitación constante a 300 rpm hasta obtener una solución blanquizca. Por separado, se preparó una solución de fosfato dihidrógeno de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , o KDP), agregando 2.936 g de este reactivo a 30 mL de agua destilada. Esta cantidad de KDP corresponde a la proporción estequiométrica que se debe tener con 2 g de CaO para la síntesis del precursor de la HAp. Posteriormente, a la solución de CaO se le añadió ~5.5 mL de una solución de 66.1% V/V  $\text{HNO}_3$  hasta obtener un líquido transparente. La solución resultante es una solución de nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  o CN). Subsecuentemente, a la solución CN se le adicionó la solución KDP mediante

goteo lento, a razón de 1 gota por cada 4 segundos. La mezcla resultante se mantuvo a un pH constante (pH = 10), lo cual se logró al adicionar 80 mL de una solución 2.275% V/V NH<sub>3</sub>, también a razón de 1 gota cada 4 segundos. La solución final se agitó a 500 rpm por 1 hora, para posteriormente mantenerse en reposo durante 1 noche a temperatura ambiente. Se obtuvo una solución bicapa de amoníaco transparente en la parte superior y un precipitado color blanco en la parte inferior. Se eliminó el exceso de solución de la parte superior, y el precipitado se separó con papel filtro, para posteriormente lavarse 3 veces con agua destilada para eliminar la presencia de iones NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Finalmente, el precipitado se secó a 65°C durante 24 horas en un horno convencional. El polvo resultante (precursor de la HAp) se almacenó para su posterior uso.

### Obtención de nanopartículas de HAp (nps HAp)

El polvo precursor de nps HAp fue sometido a calcinación a temperaturas de 150, 300, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000°C durante 30 minutos en un horno eléctrico, con una rampa de calentamiento de 10°C/minuto. Posteriormente, el calcinado fue caracterizado por DRX, SEM y EDS.

## Resultados y Discusión

### Caracterización de la cáscara de huevo

El espectro EDS de la cáscara de huevo se presenta en la Figura 1. El análisis elemental detectó Ca, O y C como los principales componentes de la cáscara de huevo, pero también reveló cantidades menores de Mg, P, Na, S y Al. Las trazas de P permiten determinar una alta relación Ca/P.

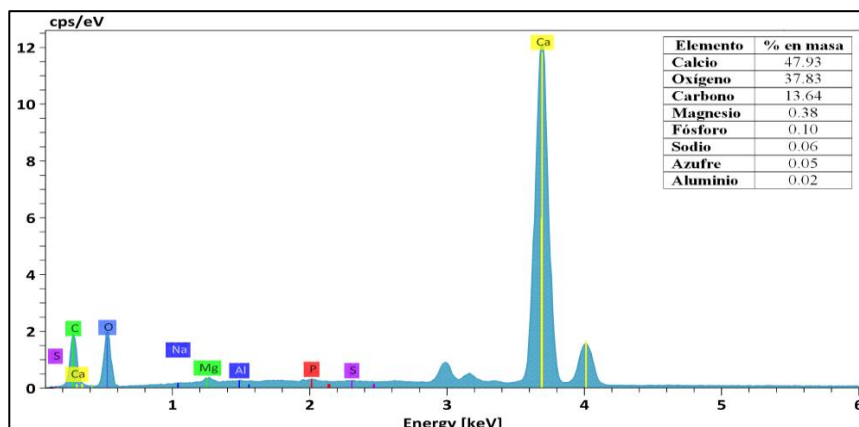


Figura 1. Espectro dispersivo de energía de rayos X (EDS) de la cáscara de huevo.

### Caracterización por difracción de rayos X de las cáscaras de huevo calcinadas

El difractograma en la Figura 2 muestra la evolución de los patrones de difracción de rayos X de los residuos de la calcinación de la cáscara de huevo a las diferentes temperaturas de ensayo (700-1100°C). Los difractogramas a 1000 (línea continua purpura) y 1100°C sugieren que la única fase cristalina presente es el CaO. Esta es la razón por la cual se eligió esta temperatura de calcinación como la óptima. El producto de calcinación fue completamente blanco.

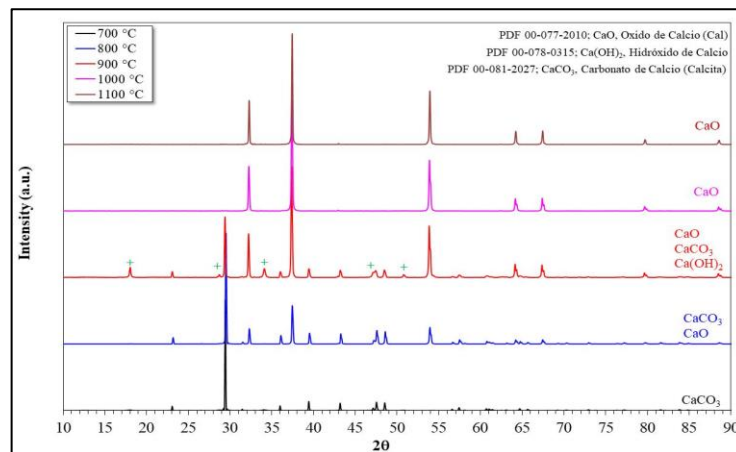


Figura 2. Evolución de los espectros de difracción de rayos X de la cáscara de huevo tratada térmicamente.

### Caracterización por SEM de las cáscaras de huevo calcinadas

En la Figura 3 muestra los aspectos morfológicos de los residuos de calcinación de la cáscara de huevo a la temperatura óptima elegida de 1000 °C, en aumentos en un rango de 1000 a 10000X. Se observan los agregados conformados por partículas submicrométricas definidas, los cuales fueron evolucionando desde cúmulos más grande y amorfos al calcinarse el material a temperaturas menores (resultados no presentados en este trabajo).

### Estudios de difracción de rayos X de la HAp.

Se presenta a continuación el estudio DRX realizado sobre la HAp sintetizada y secada a 65°C, sin tratamiento y tratada en el rango de temperaturas de 150-1100 °C. La Figura 4 muestra el patrón de difracción de la HAp secada a 65 °C, sin tratamiento térmico el cual sirve como referencia para determinar los cambios cristalinos de las posteriores muestras analizadas. Para mayor comprensión, se incluyen las señales características correspondientes a la HAp pura (*Powder Diffraction File* (PDF) 00-074-0565). El difractograma muestra que el polvo precursor de nps HAp es en realidad HAp con pero con pobres características cristalinas.

La evolución estructural de la HAp en los posteriores tratamientos térmicos se indican en la Figura 5. La interpretación de los difractogramas muestra que a 700 °C (línea verde) se obtiene la mejor condición de calcinación, ya que a esta temperatura la HAp muestras las mejores características de cristalinidad. A temperaturas mayores, la HAp se descompone en las fases  $\alpha$  y  $\beta$  de trifosfatos de calcio.

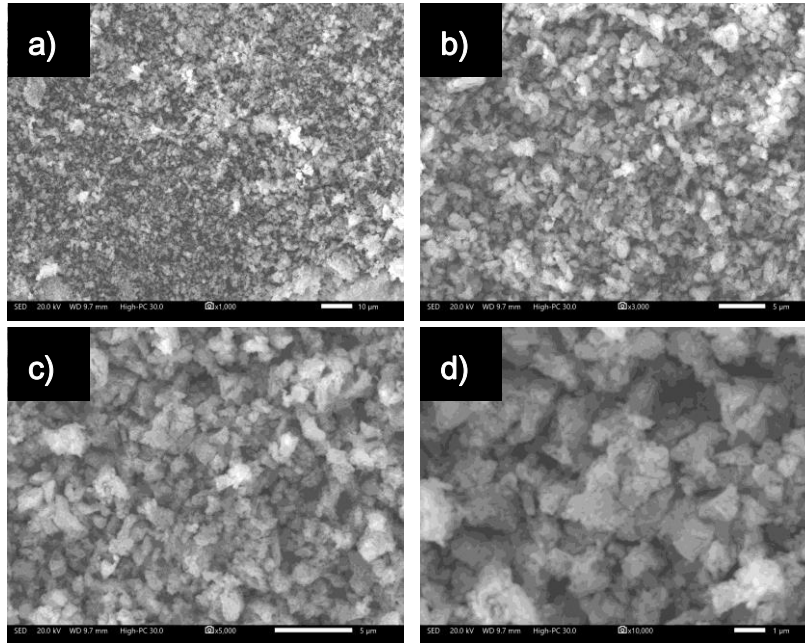


Figura 3. Aspectos morfológicos de la cáscara de huevo calcinada a 1000°C: a) 1000X, b) 3000X, c) 5000X y d) 10000X.

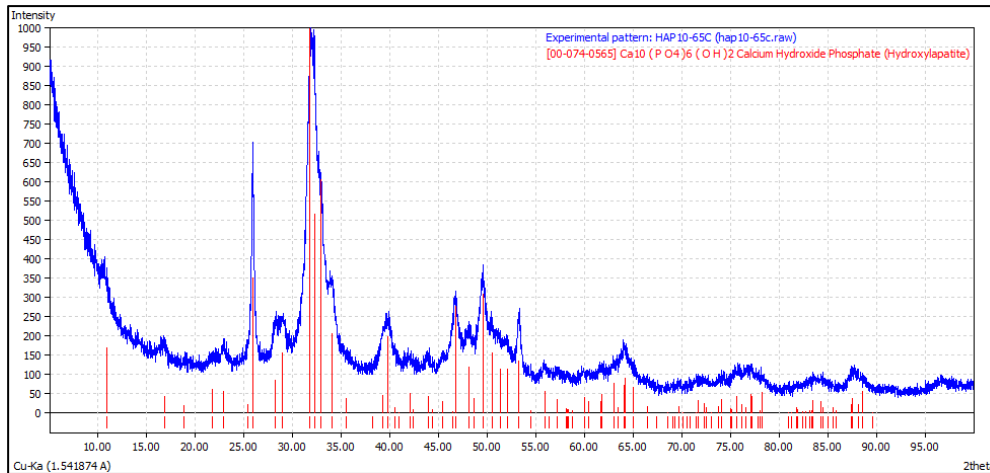


Figura 4.

Patrón de difracción de HAp<sub>10</sub> secada a 65°C, sin tratamiento térmico.

Una inspección más detallada del difractograma a 700°C se ha incluido en la Figura 6. En esta se logra apreciar su alta cristalinidad por la anchura de sus picos (base angosta) y que no muestra la presencia de otra fase debido a un proceso de síntesis incorrecto o al sobrecalentamiento de la muestra. Es posible apreciar los índices de Miller correspondientes a la fase HAp, identificados en (002), (102), (210), (211), (112), y (300).



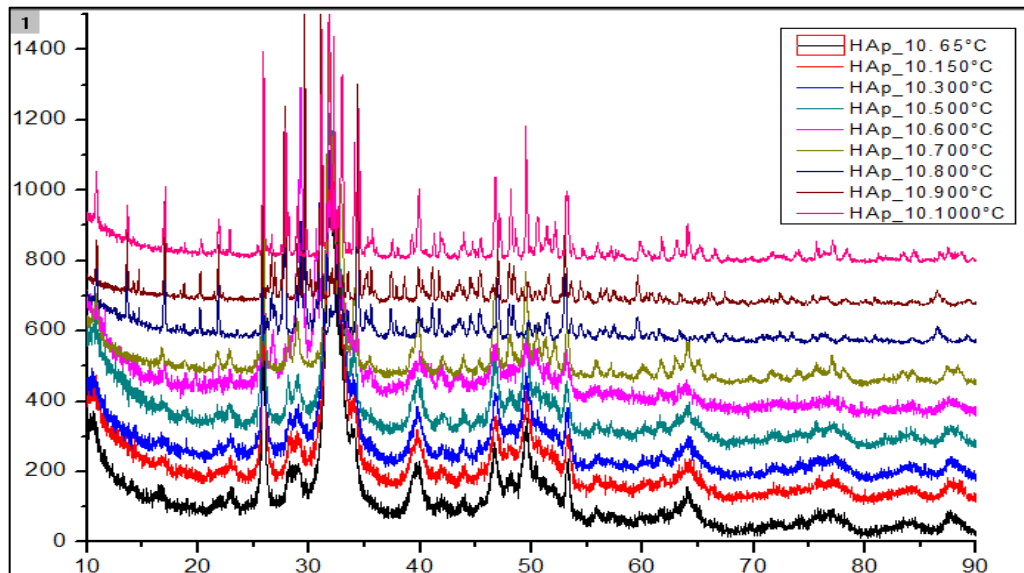


Figura 5. Patrón de difracción de rayos X de las muestras de HAp tratadas a diferentes temperaturas: 65, 150, 300, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000°C.

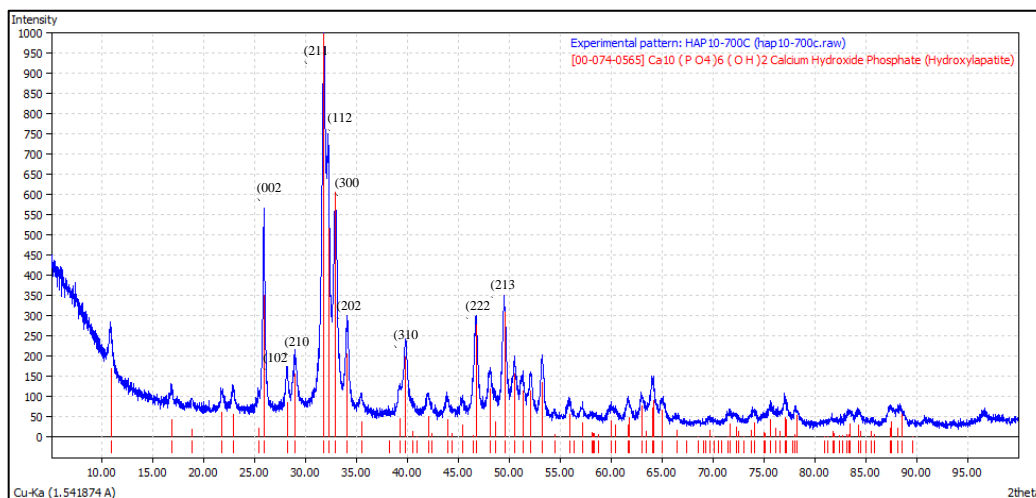


Figura 6. Patrón de difracción de rayos-X de la muestra de HAp tratada a 700°C.

### Estudios del espectro dispersivo de energía de rayos X (EDS)

La Figura 7 muestra el espectro EDS de la HAp sintetizada sin tratamiento térmico, únicamente secada a 65°C. El análisis elemental indica que los principales componentes de la HAp son Ca, O, y P. De acuerdo al porcentaje en peso atómico se encuentra una relación de 1.62 con relación de Ca/P. Esta relación es muy cercana a la HAp estequiométrica de 1.67.



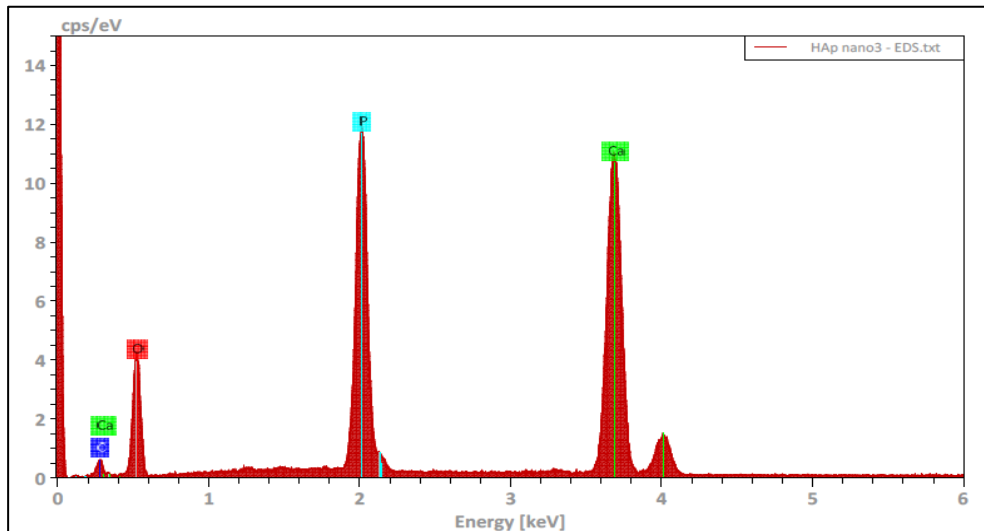


Figura 7. Espectro dispersivo de rayos X (EDS) de la HAp.

## Conclusiones.

La síntesis de nanopartículas de hidroxiapatita a partir de cáscara de huevo de gallina vía procesos de calcinación y precipitación húmeda fue completa bajo las condiciones experimentales óptimas obtenidas en este trabajo. A través del estudio DRX se identificó que el ensayo de calcinación óptimo para obtener CaO puro fue a 1000 °C, el cual se observó como agregados con una morfología dispersa nanométrica, de acuerdo a un estudio SEM. La hidroxiapatita sintetizada presentó una fase cristalina al aplicarse un tratamiento térmico a 700 °C, y que se descompuso a temperaturas más elevadas. El análisis EDS de la muestra obtenida de HAp a esta temperatura reportó una relación Ca/P ~ 1.62, valor que se encuentra en acuerdo con el rango de relación estequiométrica del componente mineral del tejido óseo (1.5 a 1.9). No se apreciaron impurezas o descomposición del compuesto de HAp pura durante los estudios de calcinación reportados en este trabajo.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen al M.C. José Juan Ramos Hernandez del Instituto de Ciencias Físicas – UNAM, por el apoyo técnico en difracción de rayos X y microscopía electrónica.

## Referencias

1. J. M. Soria, J. Barcia González, J. A. Andrades Gómez, J. Romero Arce, M. Monleón Pradas, J. M. García Verdugo (2009). *Dialnet*, **20**, 1 1888-6116.
2. X. Lu, Z. Zhao, Y. Leng (2005). *J. Cristal Growth* **284** 506-516.
3. M. Jarcho (1981). *Clin. Ortho. Rel. Res.* **157** 259.
4. O. O. Van der Biest, L. J. Vandeperre (1999). *Annu. Rev. Mater. Sci.* **29** 327–352
5. K. P. Sanosh, M. C. Chu, A. Balakrishnan, T. N. Kim, S. J. Cho. (2009). *Mats. Lett.* **63** 2100-2102.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## “OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE NOPAL (*opuntia ficus indica*) Y ALMIDÓN DE SORGO (*sorghum saccharatum*).”

**B.E. Sotelo-Fuentes<sup>1</sup>, E. García-Hernández<sup>1</sup>, Z. Vargas-Galarza<sup>1</sup>, C.D. Arrieta-González<sup>1</sup> y A. Olarte-Paredes<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- [g12090351.ib@itzacatepec.edu.mx](mailto:g12090351.ib@itzacatepec.edu.mx)  
[eddgarcia@hotmail.com](mailto:eddgarcia@hotmail.com), [zully.vg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:zully.vg@zacatepec.tecnm.mx), [cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx](mailto:cinthya.ag@zacatepec.tecnm.mx),  
[alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx](mailto:alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx).

**Área de participación:** MATERIALES Y NANOMATERIALES POLIMÉRICOS.

**Resumen:** La presente investigación experimental se llevó a cabo en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico De Zacatepec, con el objetivo de obtener un bioplástico para su posible aplicación como material biodegradable. Para esto, se consideró como materia prima las mermas desechadas tanto del sorgo (fuente de almidón) y como de nopal (fuente de pectina). Para la formulación del plástico se consideró glicerina como agente plastificante. Se elaboraron películas de 11cm de ancho por 15cm de largo, a partir de diferentes concentraciones de los materiales, a una temperatura de 40°C. Una vez obtenida la película se procedió a caracterizarlo mediante las técnicas FTIR, SEM, Microscopía Óptica.

### Introducción.

De acuerdo con el último informe publicado por la Plastics Europe Plastics the facts 2019, la producción de plásticos mundial aumento aproximadamente un 3.16% en el 2018, tomando como referencia los datos en 2017, alcanzando las 359 millones de toneladas. Mientras tanto en el continente Europeo, la producción de plásticos bajó un 4.20%. Para el caso de nuestro continente, la **producción de plásticos** se redujo un 4,20% pasando de las 64,4 millones de toneladas reportadas en el 2017 a los 61.8 millones de toneladas al 2018. Por otro lado, el continente Asiático concentra su producción de plásticos a nivel mundial aproximadamente un 51%, cabe mencionar que China se destaca con el 30% de la producción mundial total.

Los plásticos son una problemática a nivel mundial, dado que si no se recolectan, se separan o se gestionan de manera adecuada y dada su durabilidad evaluada a miles de años, se convierten en contaminantes que afectan tanto el agua como los ecosistemas,.

De manera general, los biopolímeros provienen de cuatro grandes fuentes: origen animal (Colágeno/Gelatina), origen marino (Quitina / Quitosano), origen microbiano (ácido poli láctico (PLA) y polihidroxialcanoatos (PHA) y de origen agrícola (lípidos, proteínas y polisacáridos). Cabe mencionar que el almidón se destaca como uno de los polisacáridos más importantes, este polisacárido a través de modificaciones con aditivos, puede tener la capacidad de convertirse en un material termoplástico.

El almidón puede obtenerse de una gran variedad de cereales o también de tubérculos, como es el caso del maíz, el arroz, el trigo, la papa, entre otros (Rivera, 2015).

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación propone una metodología para la elaboración de un bioplástico a partir de almidón de sorgo y la pectina del nopal, que

son recursos renovables. Este tipo de plásticos ofrecen la ventaja de que no dañan el medio ambiente como los derivados del petróleo, al ser degradados en un lapso de tiempo mucho menor por el medio ambiente sin generar contaminantes.

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

#### **METODOLOGÍAS PARA LAS EXTRACCIONES DE LOS BIOPOLÍMEROS.**

##### **Extracción de pectina del nopal (*Opuntia Ficus Indíaca*)**

Para la extracción de la pectina del nopal se propone la siguiente metodología reportada por Díaz, G. 2019, en donde los cladodios del nopal recibidos se seleccionaron de forma manual utilizando guantes de látex, se desecharon aquellos cladodios picados, cortados, oxidados y en mal estado para alterar la calidad del producto final. Los cladodios de nopal una vez seleccionados se desespitaron con un cuchillo evitando maltratar el cladodio. Se procedió a lavar los nopales con abundante agua de manera manual para eliminar impureza y residuos que puedan afectar el proceso de extracción. Los cladodios de nopal se les sumergió en una disolución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0.1%, con la finalidad de eliminar la mayoría de la flora bacteriana. Los cladodios de nopal desinfectados se colocaron en bandejas con mallas al ambiente para escurrir toda el agua y tiene como finalidad no alterar el valor del pH para favorecer la hidrólisis. Para su efecto se utilizó un cuchillo, las hojas se cortaron para facilitar el licuado. Para poder obtener el rendimiento de la extracción se pesó el nopal cortado para establecer el peso inicial. El nopal cortado se trituro en una licuadora maraca Oster y se recogió en ollas de aluminio con el fin de que el nopal sea más homogéneo y facilite la separación de la pectina de los demás compuestos por medio de la hidrólisis. Se mezcló ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) con el nopal triturado, hasta obtener un pH de 2,5. Luego la solución ácido- nopal se sometió a calor en ollas de aluminio a tempos y temperaturas establecidos, manteniendo una agitación constante para que el calor se transfiera a toda la solución. La solución obtenida se coló en una olla de aluminio para separar la solución de pectina- ácido de los demás residuos. Se midió el volumen y la viscosidad de la solución para evaluar la concentración. La solución se concentró un 20 % aproximadamente de su volumen total, a baño maría y agitación constante, para disminuir tanto los volúmenes de reactivos utilizados. Dado que la pectina es susceptible a degradarse a altas temperaturas se controló que la temperatura que no superara los 65 °C. En esta etapa se tiene mucho cuidado ya que al no tener un sistema continuo dificulta mantener la temperatura constante. Para realizar la precipitación se utilizó un volumen del 80 % de etanol por el volumen de solución obtenida en la etapa de concentración, a la solución se le añadió el etanol, transcurrida una hora de precipitación se formó una solución bifásica. La solución bifásica se filtró en un lienzo de poros finos con una agitación constante para facilitar proceso y disminuir el tiempo de filtrado. La pasta obtenida por el filtrado se secó utilizando un secador continuo controlando a 40 +/- 5 °C por 12 horas, la temperatura no tiene que exceder los 65 °C, por cuanto la pectina es susceptible a degradación a altas temperaturas. Se obtuvo una pectina compacta en pequeñas hojuelas. Las hojuelas de pectina se molieron utilizando un molino manual procurando hacerlo de forma más rápida por cuanto la pectina es higroscópica es decir absorbe humedad del ambiente. El rendimiento obtenido 16%.

### Extracción Del Almidón Del Sorgo.

La metodología de Morocho, Reyes, 2018 se propone para extraer el almidón de sorgo para lo cual, los granos del sorgo fueron sometidos a trituración en un molino de discos para obtener harina, evitando que retome humedad. Se procedió a la extracción del almidón solido-liquido, mezclando 250g de harina con 750mL de agua destilada en una licuadora marca Oster, licuando la mezcla a 11000 rpm durante 5 minutos para minimizar el tamaño de la partícula. Posteriormente la solución se filtró obteniendo una pasta que se licuo y filtro 9 veces más, reuniendo todos los filtrados en un contenedor. La solución obtenida se sedimentó en 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de sedimentación se eliminó la fase líquida que contiene la fibra y las proteínas. La pasta sedimentada se lavó y se decantó. El sólido filtrado se secó a una temperatura de  $45 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas para evitar la gelatinización del almidón. El almidón extraído se guardó en contenedores y se almacenó a temperatura ambiente hasta su uso. El rendimiento obtenido en esta metodología es 45% (Morocho, Reyes, 2018).

### FORMULACIÓN DEL TPS

La Tabla 1 muestra propuestas de la formulación del almidón termoplástico teniendo como referencia lo estipulado por Villada (Villada, S, 2019).

Tabla 5. Formulación del TPS

COMPONENTES	F1	F2	F3
ALMIDON	70%	65%	60%
GLICEROL	30%	35%	40%

### FORMULACIÓN DEL BIOPLASTICO.

La tabla 2 muestra las propuestas de la formulación del bioplástico teniendo lo estipulado por Grossmann (Grossmann, M, 2019).

Tabla 2. Formulación del Bioplástico.

COMPONENTES	B1	B2	B3	B4	B5
TPS	0%	25%	50%	75%	100%
PECTINA	100%	75%	50%	25%	0%

### Resultados y Discusión.

Siguiendo las metodologías anteriores se obtuvieron los biopolímeros, los cuales se muestran en la figura 1, estos a su vez fueron caracterizados por las técnicas antes mencionadas, para corroborar su composición, tomando como blancos almidón y pectina de grado analítico que se tienen en el laboratorio de posgrado.

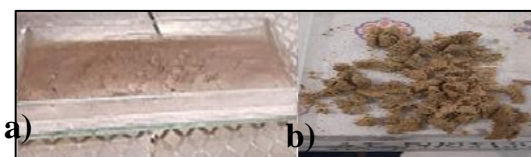


Figura 1. Biopolímeros obtenidos (a) almidón y b) pectina).

## CARACTERIZACION POR FTIR DE LOS BIOPOLIMEROS OBTENIDOS Y DEL BIOPLASTICO.

El análisis mediante FTIR permite caracterizar la estructura química a través de la identificación de los grupos funcionales presentes en cada muestra analizada. En la Figura 2 se muestra el espectro obtenido de la caracterización del Almidón de sorgo tomando como referencia el espectro del Almidón de papa. En la región que marca el espectro entre 1700 y 800  $\text{cm}^{-1}$  se encuentra la región donde se presentan los picos característicos en polisacáridos. En la región entre 3600 y 3000  $\text{cm}^{-1}$  se encuentra el pico correspondiente al estiramiento de los O-H. Entre 3000 y 2800  $\text{cm}^{-1}$  se encuentra el estiramiento C-H. Se logra visualizar una banda característica presente en los 2 tipos de almidón, dicha banda se sitúa en los 930  $\text{cm}^{-1}$ , la cual se atribuye a los enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos. El pico observado en los 1163  $\text{cm}^{-1}$  se atribuye a los modos de acoplamiento de C-O y en la región entre 1450 y 1610  $\text{cm}^{-1}$  al estiramiento C-C de la estructura de los polisacáridos. La banda existente en 1642  $\text{cm}^{-1}$  representa el agua adsorbida en la región amorfa de los gránulos de almidón. Esta banda está relacionada con la cristalinidad del almidón, la variación del pico en esta región en gran parte dependerá del porcentaje de cristalinidad, mientras más amorfo, el pico será más intenso (Lorenzo, 2019). También se visualiza una señal en los 2920  $\text{cm}^{-1}$ , el cual está relacionado a la cantidad de amilosa y amilopectina presente en los gránulos de almidón. Mientras mayor sea la señal en esta región, mayor cantidad de amilosa tendrá el almidón. Con ésta señal se validó que quién presenta mayor porcentaje de amilopectina en su estructura es el almidón de sorgo.

También se realizó un análisis infrarrojo a la pectina obtenida a partir de los cladodios del nopal, en la Figura 2 se observan las longitudes de onda correspondientes a los diferentes grupos funcionales de una pectina, entre los 3300 – 3500  $\text{cm}^{-1}$  se encuentra la banda correspondiente a los grupos –OH, entre los 2900 – 3000  $\text{cm}^{-1}$  el grupo CH, entre los 1700 – 1800  $\text{cm}^{-1}$  el grupo C=O de los ésteres, entre los 1500-1700  $\text{cm}^{-1}$  el grupo C=O de los ácidos, entre los 1000 – 1200  $\text{cm}^{-1}$  el grupo C-O, entre los 700 y 900  $\text{cm}^{-1}$  los anillos benzoicos.

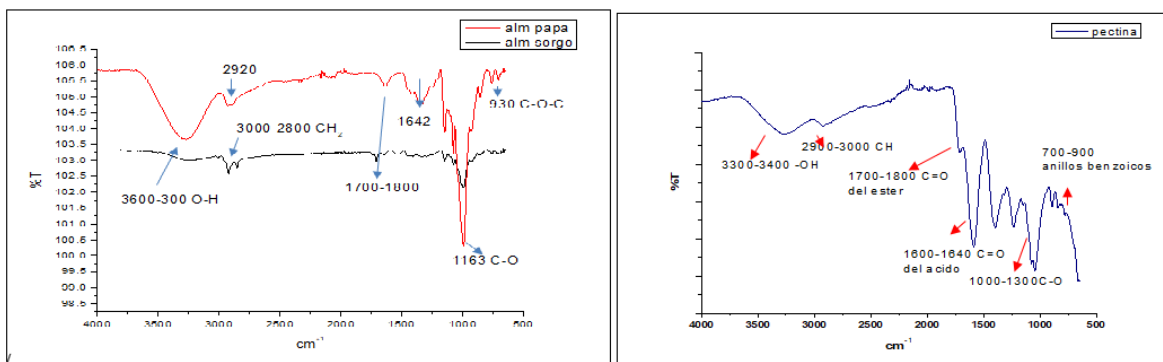


Figura 10. Espectros FTIR a) almidón de papa/sorgo y b) pectina.

Debido a que los espectros de ambas muestras (B1 y B2) son muy similares, en la Figura 3 se presentan los resultados de las muestras de bioplástico. En ambos se observa un pico ancho en 3296  $\text{cm}^{-1}$ , el cual se asigna a las vibraciones de estiramiento del enlace O-H. En la estructura de la pectina y el almidón, las bandas de 2936  $\text{cm}^{-1}$  y 2884  $\text{cm}^{-1}$



corresponden a las vibraciones de tensión del enlace C—H asignados a los grupos CH<sub>3</sub> y CH<sub>2</sub> respectivamente. Las bandas de importancia para la determinación del grado de esterificación son aquellas que aparecen alrededor de 1648 cm<sup>-1</sup> y 1732 cm<sup>-1</sup> y son indicadores de grupos carboxilos libres y esterificados. Entre los 1626-1648 cm<sup>-1</sup> se presenta un alargamiento pronunciado que corresponde a la vibración de tensión simétrica del grupo COO—, en los 1732 cm<sup>-1</sup> se presenta una banda que corresponde a los grupos carbonilos y acetilos de la pectina. Los picos presentes en los 1358 y 1208 cm<sup>-1</sup>, se asocian con el almidón, específicamente a la vibración de tensión asimétrica del C—O—C, e indican la abundancia de los grupos metoxilo (—O—CH<sub>3</sub>). A los 1034 cm<sup>-1</sup> se visualiza un pico de gran intensidad mismo que indica la vibración de tensión del grupo simétrico C—O—C confirmando el alto grado de esterificación, así como la presencia de pectina de alto metoxilo, lo cual favorece la mezcla entre los dos biopolímeros.

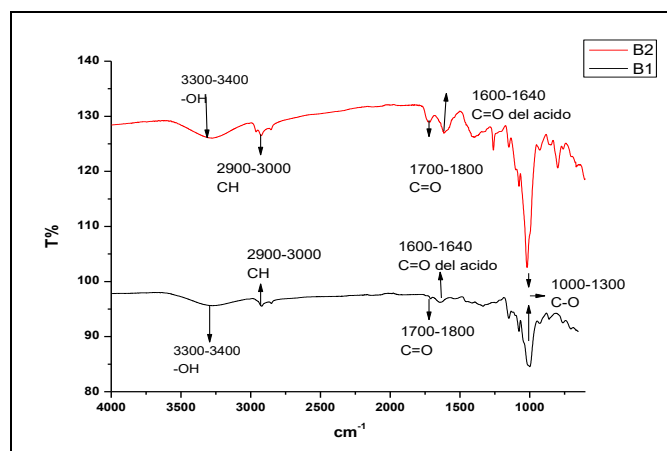


Figura 3. Espectro de las películas B1 y B2.

### CARACTERIZACION DE LOS BIOPOLÍMEROS EXTRAÍDOS Y DEL BIOPLASTICO POR MICROSCOPIA ÓPTICA.

El ensayo de microscopía óptica se realizó tanto al almidón de sorgo como a la pectina obtenida del nopal, con magnificaciones de 10X-40X y 10X-4X respectivamente, se obtuvieron las imágenes que muestran la Figura 4. En la cual se observan los gránulos del almidón presentando forma esférica. En cuanto a la pectina evaluada los gránulos presentan una forma irregular.

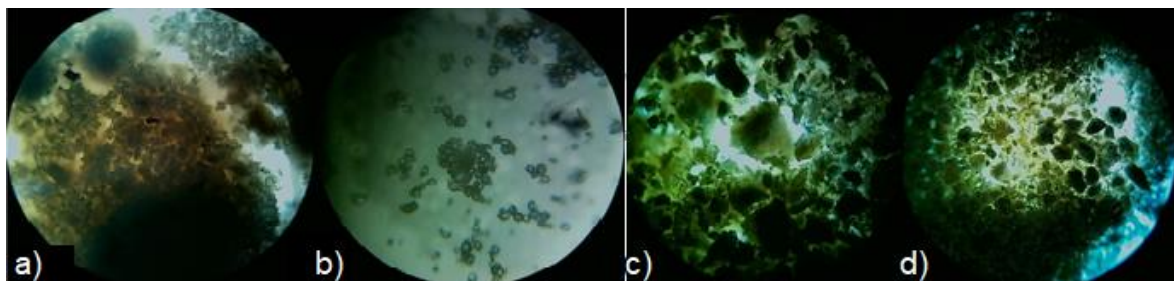


Figura 11. Micrografías del Almidón de sorgo a) a 10X ,b) a 40X y de la Pectina c) a 10x, d) a 40x.



En la figura 5 se pueden visualizar las microfotografías del bioplástico a magnificaciones de 4x-10x-40x, se observa la coloración, la morfología y la dispersión de los biopolímeros utilizados.

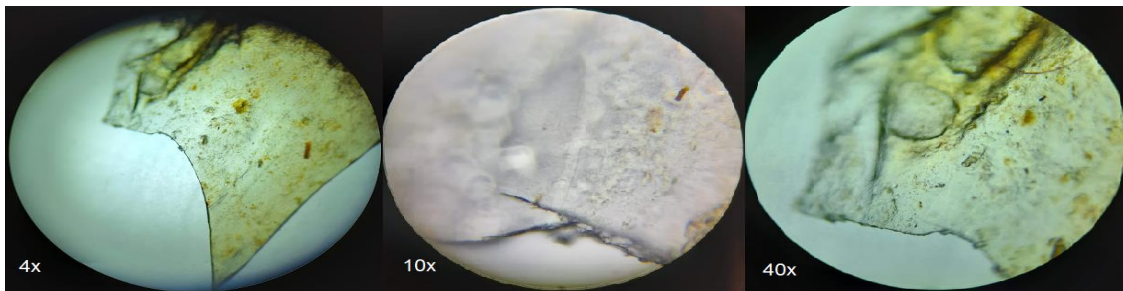


Figura 5. Micrografías del bioplástico a 4x, 10x y 40x respectivamente.

### CARACTERIZACION DE LOS BIOPOLÍMEROS EXTRAÍDOS Y DEL BIOPLASTICO POR MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.

El ensayo de microscopía electrónica de barrido se realizó tanto al almidón de sorgo como a la pectina obtenida del nopal y al Bioplástico, con magnificaciones de 100x,300x,750x y 1500x respectivamente, se obtuvieron las imágenes que muestran la figura 6. En la cual se observan los gránulos del almidón presentando forma esférica. En cuanto a la figura 7 que corresponde a la pectina evaluada los gránulos presentan una forma irregular.

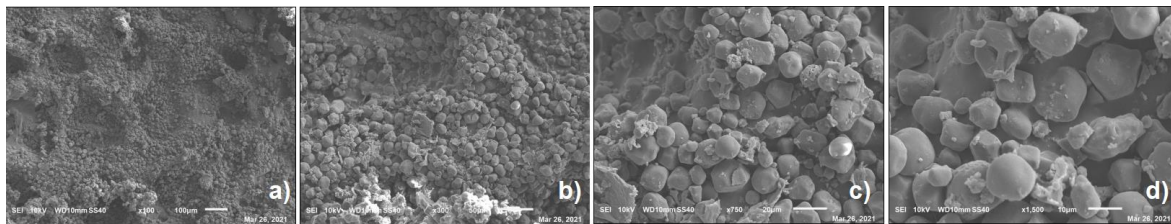


Figura 6. Micrografías del Almidón de sorgo a) 100X ,b) 300X,c) 750x y d) 1500x.

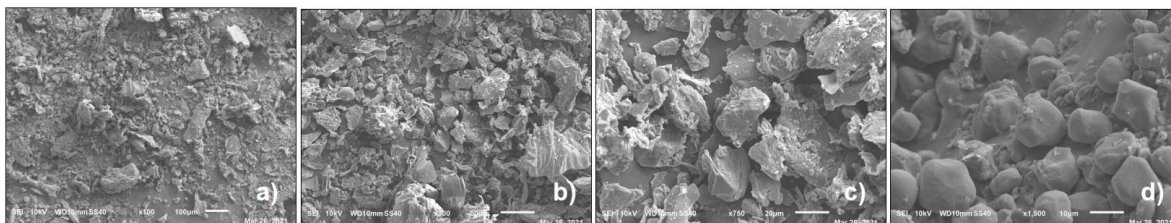


Figura 7. Micrografías de la Pectina del nopal a) 100X ,b) 300X,c) 750x y d) 1500x.

La figura 8 muestra las microfotografías del bioplástico, en la cual se puede observar la mezcla de los biopolímeros presentes en el bioplástico de manera homogénea presentando también partes rugosas.

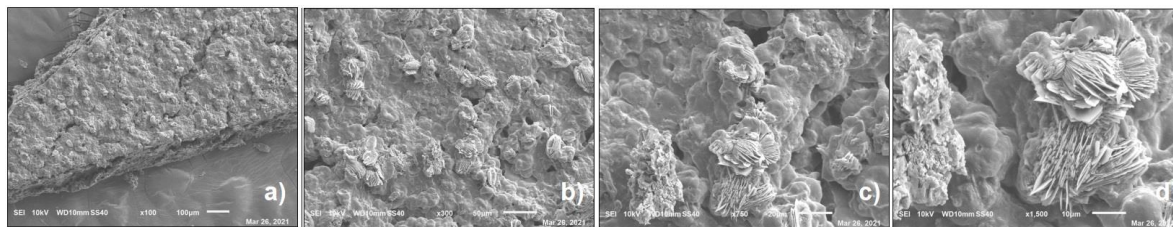


Figura 8. Micrografías del Bioplástico a) 100X ,b) 300X,c) 750x y d) 1500x.

## Conclusiones.

El bioplástico obtenido presento características, las cuales dependen de las concentraciones de almidón de sorgo y la pectina del nopal que se usan para su elaboración. Las formulaciones B3 y B4 presentaron mejores características en resistencia al tacto y apariencia. Los rendimientos obtenidos de los biopolímeros extraídos tanto de almidón de sorgo como la pectina de nopal es parecido a lo reportado por algunos autores que tomamos en cuenta, los porcentajes del rendimiento de ambos está entre 45% y 17% respectivamente, sin embargo, la pectina de nopal obtuvo un mayor rendimiento siendo 4%, que nos indica una mejor extracción a las investigaciones consultadas. El grado de pureza del almidón obtenido es parecido a lo establecido por los autores consultados, sin embargo, el grado de pureza de la pectina de nopal está por debajo de 4% o 5%, esto puede depender en gran parte de la forma en la que se extrajo el biopolímero.

El bioplástico tiende a fragmentarse debido a una mayor concentración de almidón, esto dado por las propiedades de la amilosa y amilopectina, por lo cual se considera añadir una mayor concentración de plastificante, y con ello evitar la fragmentación, además, de que se haría más flexible el bioplástico obtenido.

## Agradecimientos.

El Dr. Edgar García Hernández y la Dra. Zully Vargas Galarza supervisaron la realización de este proyecto, a quienes les agradezco infinitamente sus asesorías, tiempo, comentarios acertados y su dedicación para que la estancia y el proyecto se concluyeran de manera exitosa.

## Referencias

1. Díaz, Gilmer, F. (2019). Performance Evaluation in the Tuna Pectin Extraction (Opuntia ficus indica). Cajamarca National University Faculty of Agricultural Sciences Professional Academic School of Engineering in Food industries. Cajamarca, Perú, 2019.
2. Molocho, Reyes., (2018). "Starch Extraction". Chota National Autonomous University. Chota , June 2018
3. Rivera C. (2015). Características térmicas, reológicas y estructurales de almidón de sorgo adicionado con mucílago de nopal. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. México.
4. 2019. *Plastics – the Facts 2019 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. 1st ed. [ebook] Europa: PlasticsEurope, pp.11-24. Available at: <[https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL\\_web\\_version\\_Plastics\\_the\\_facts2019\\_14102019.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf)> [Accessed 6 April 2020].
5. Grossmann, M. (2019). Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*. 50. 379-386. 10.1016/S0144-8617(02)00058-9.

6. Villada, S. (2008). Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables. Información tecnológica, 19(2), 3-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000200002>

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO CERÁMICO EN UN SUSTRATO DE POLIAMIDA (NYLAMID) MEDIANTE EL MÉTODO DE COLD SPRAY

B.A. del Valle-Soberanes<sup>1</sup>, A. Olarte-Paredes<sup>1</sup>, R. Salgado-Delgado<sup>1</sup>, E. García-Hernández<sup>1</sup>, E.J. Moreno-Carpintero.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico/IT de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México. [benigno.dv@zacatepec.tecnm.mx](mailto:benigno.dv@zacatepec.tecnm.mx), [alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx](mailto:alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx), [edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx](mailto:edgar.gh@zacatepec.tecnm.mx), [rene.sd@zacatepec.tecnm.mx](mailto:rene.sd@zacatepec.tecnm.mx), [enrique.mc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:enrique.mc@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** MATERIALES Y NANO MATERIALES POLIMÉRICOS

**Resumen:** Los compuestos de matriz polimérica (PMC) son materiales relativamente competitivos para muchas aplicaciones, debido a su alta resistencia en relación a su peso en comparación con los metales. Para aumentar la eficiencia de los motores de turbina, cada vez son más las partes metálicas reemplazado por PMC en todo el mundo. Sin embargo, una alta fiabilidad es un requisito fundamental para las aplicaciones, los PMC tienen mayor resistencia, rigidez, resistencia a la fatiga y resistencia a la corrosión y el factor clave que restringe Los PMC por ser más utilizados son su baja resistencia al calor y resistencia a la erosión [1,2]. La pulverización de plasma es un método económico y efectivo para varias partes de la máquina para reducir la degradación de la superficie [3]. Durante proceso de pulverización de plasma, se forma una capa sobre la superficie del sustrato por pulverización de polvos fundidos o parcialmente fundidos a alta velocidad utilizando Una fuente de calor de plasma de alta temperatura. Cerámica pulverizada con plasma los recubrimientos se han usado ampliamente para muchas aplicaciones con el fin de mejorar las resistencias al desgaste, corrosión, oxidación, erosión y calor [3-4]. Se ha demostrado que los recubrimientos de metal son eficientes para mejorar la resistencia a la erosión de los compuestos de poliamida. Debido a la alta resistencia térmica, revestimientos cerámicos pueden usarse para elevar la temperatura de la composición de poliamida.

### Introducción.

El proceso Combustible-Oxígeno de Alta Velocidad HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) involucra la mezcla de un gas combustible (hidrógeno, propano o propileno), con oxígeno para crear un jet de combustión a temperaturas del orden de 2500 a 3000 °C. La combustión toma lugar a muy alta presión en una cámara que posee un diámetro de salida de 8 a 9 mm. Esta origina un jet de gas supersónico e imprime alta velocidad a las partículas a depositar. El tipo de flama HVOF es prácticamente recta, a diferencia de los procesos de baja velocidad donde es cónica [2].

La deposición del material se realiza llevando al extremo la velocidad de rociado de las partículas a más de 1500 m/s con gas nitrógeno o helio como gas de proceso, y a temperaturas bajas en el orden de 800 °C. Alcanzándose tasas de rociado de 14 Kg./h, con materiales dúctiles como aluminio, cobre, titanio y aleaciones [2]. El gas de proceso es alimentado a través de una unidad de calentamiento a la pistola donde sale a través de boquillas especiales, arrastrando a las partículas para la proyección directa sobre la superficie de trabajo, figura 1. Este procedimiento evita la oxidación y la contracción del material, manteniendo las composiciones originales de los polvos. La deformación de las partículas durante el impacto, sobre la capa de recubrimiento, hace que se generen esfuerzos de compresión elevados [2].

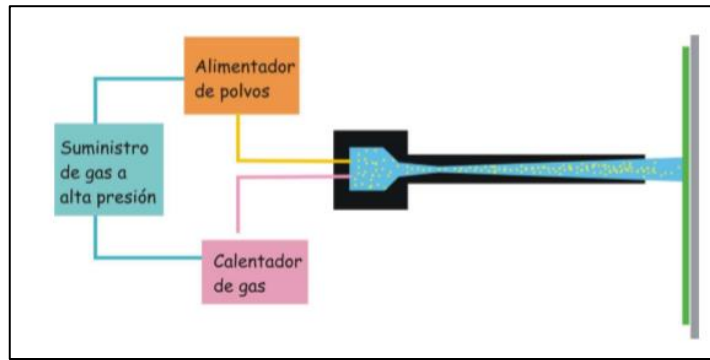


Figura 1. Proceso de rociado en frío (cold spray) [5].

En el trabajo de investigación se utilizara el proceso de cold spray en sustratos de nylamid, a los cuales se les aplicara un depósito de alúmina. Se tiene que desarrollar el sistema en donde se colocaran los sustratos y aplicarles el depósito. La simulación de este proceso se realizara en solidworks. En el sistema de cold spray se realiza la adhesión de la alúmina en el nylamid por un proceso de abrasión con una lijadora rotoorbital de grano 2000, posteriormente el sistema tendrá una cámara en donde los parámetros a considerar será temperatura y presión de la alúmina y nylamid, deberá tener una distancia de 40 mm, en donde se utilizara nitrógeno para llevar a cabo el cold spray, para obtener una adhesión de la alúmina en el nylamid y que tenga una superficie homogénea [6].

La conductividad térmica disponible para el nano fluido de alúmina está entre 1 y 5% de concentración volumétrica y un rango de temperatura de 21–85° C, mientras que los datos experimentales del trabajo actual amplían el rango al 8,5% de concentración volumétrica y el rango de temperatura a partir del 2 al 55°C. En la tabla 1 se muestran los resultados de conductividad térmica obtenidos de los experimentos del método de alambre caliente [6].

Tabla 1. Conductividad térmica en  $W\ m^{-1}K^{-1}$  nano fluido de alúmina [6].

Temperatura (°C)	2.99% nano fluido de alúmina	4.67% nano fluido de alúmina	6.49% nano fluido de alúmina	8.47% nano fluido de alúmina
1.5	0.5946			
2.6			0.6199	
2.9		0.611		0.6314
4.3			0.6242	
4.7		0.6148		
5.5	0.6038			
6.1				0.6402
8				0.6475
9		0.6529		
9.4			0.6376	
10.2	0.6152			
21	0.6383	0.6548	0.6680	0.6818
32.9	0.6649			
34		0.6831		
34.4			0.7000	0.7099
34.9				
44.5		0.7042		
44.9	0.6876			
46.6			0.7214	0.7351



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

Sistema de análisis de diseño que ofrece soluciones de simulación para análisis estáticos lineales y no lineales, de frecuencia, de pandeo, térmicos, de fatiga, de recipiente a presión, de caída, dinámicos lineales y no lineales, y de optimización. Asimismo, permite resolver problemas de manera intuitiva mientras que diseña, ya que presenta programas de resolución de problemas precisos y rápidos (solvers). Esto permite ahorrar tiempo y esfuerzo en la búsqueda de resultados de diseño óptimos; de esta manera se reduce el tiempo de salida del producto al mercado. Este sistema satisface sus necesidades de análisis a través de dos paquetes: SolidWorks Simulación Professional y SolidWorks Simulación Premium [3].

Tras la construcción de su modelo, deberá comprobar el funcionamiento correcto de este en el campo; pero si no cuenta con herramientas de análisis, forzosamente tendrá que realizar ciclos de desarrollo de productos costosos que demanden una gran cantidad de tiempo [4]. Por lo general, un ciclo de desarrollo de producto comprende los siguientes pasos: primero, la construcción del modelo; segundo, la construcción de un prototipo del diseño; tercero, la prueba del prototipo en el campo; cuarto, la evaluación de los resultados de las pruebas de campo; y por último, la modificación del diseño conforme a los resultados de la prueba de campo [4]. Este proceso continúa hasta lograr una solución satisfactoria. En este sentido, el análisis le puede ayudar a disminuir el costo elevado de pruebas de campo, en cuyo lugar se realizará solo una simulación de la prueba de su modelo en la computadora; además, se podrá agilizar la comercialización del producto, a través de la reducción del número de ciclos de desarrollo del mismo; y finalmente, se mejorarán los productos, a través de rápidas pruebas de múltiples conceptos y situaciones previas a la toma de una decisión final. Esta simulación brinda mayor tiempo para idear nuevos diseños[4].

El software emplea el método de elemento finito (FEM), que es una técnica numérica utilizada para analizar diseños de ingeniería. Por su generalidad y compatibilidad para ser implementado en computadoras, el FEM es considerado como el método de análisis estándar [5]. A través de la división del modelo en numerosas piezas pequeñas de formas simples —denominadas “elementos”—, este método permite reemplazar de manera eficaz un problema complejo por muchos problemas simples, los cuales serán resueltos de forma simultánea figura 2,3 y 4 [5].

Pueden utilizarse para verificar la seguridad de los productos ya existentes o para diseñar nuevos productos. Así, la línea de simulación con SolidWorks incluye estudios no lineales, de respuesta dinámica, de flujo de fluidos y electromagnéticos. A continuación, conviene detenerse más detalladamente en los usos de los estudios de simulación. Comprobar un diseño existente. Al tener una geometría determinada, el objetivo consiste en ejercer control sobre el rendimiento del producto en diversas condiciones de trabajo y evaluar la posibilidad de mejorar el rendimiento o de ahorrar material. Realizar un nuevo diseño. El análisis de diseño es empleado para realizar pruebas de diferentes configuraciones geométricas y materiales, con la finalidad de probar la respuesta del modelo ante diferentes condiciones de trabajo [7].



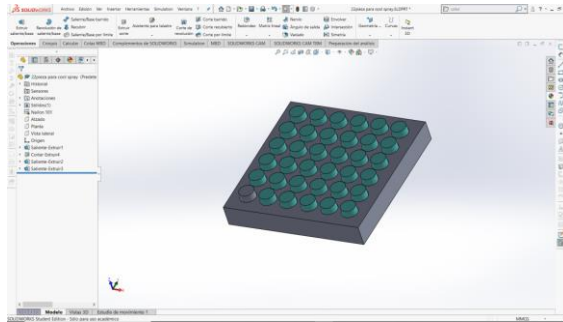


Figura 2. Colocación de las muestras de Nylamid

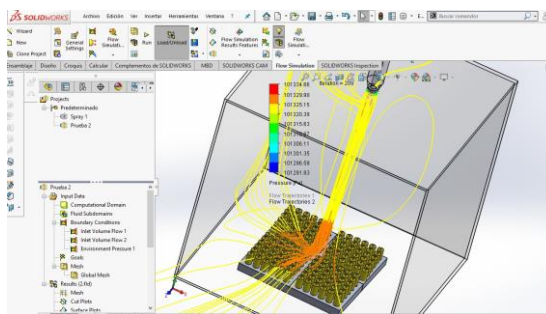


Figura 3. Simulación de la trayectoria de la alúmina dentro del sistema

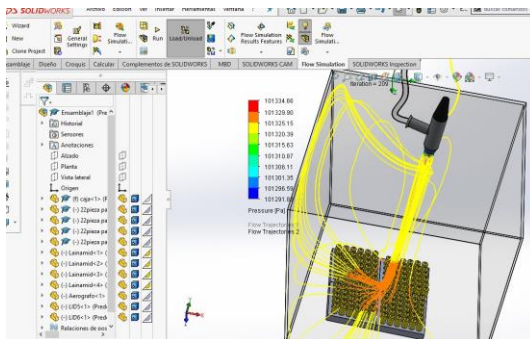


Figura 4. Simulación del comportamiento dentro del sistema de cold spray

## Resultados y Discusión.

### ANÁLISIS DINÁMICO-MECÁNICO

La técnica de análisis dinamo-mecánica (DMA), incluida en el grupo de las técnicas de análisis térmico, es una de la herramientas más potentes para el estudio de la influencia de la estructura molecular sobre las propiedades físicas de los polímeros, ya que tiene una gran sensibilidad para detectar cambios de movilidad interna de las moléculas. Una de las aplicaciones más extendidas es la determinación de la temperatura de transición vítrea de este grupo de materiales [1].

Ante un proceso de fatiga que provoca deformaciones mecánicas macroscópicas repetidas, en los materiales poliméricos se produce un reajuste molecular interno, que

se puede hacer más evidente debido al incremento de temperatura ocasionado por el calentamiento generado internamente debido a la fatiga. Estos cambios internos se pueden manifestar al exterior por medio de magnitudes dinamo-mecánicas. En este trabajo se propone un modelo para la identificación de las condiciones críticas en un proceso de fatiga a través de un estudio de la evolución del ángulo de desfase entre la señal de tensión aplicada y la deformación medida. Este desfase se obtiene a través de una monitorización directa de las dos señales durante el ensayo o bien de forma indirecta a través de la medida de parámetros energéticos, [1]. El estudio se realiza con probetas de tracción normalizadas de Poliamida 6 sometidas a un proceso de fatiga monótona a diferentes niveles de tensión. Durante el ensayo se monitorizan la tensión, la deformación y el ángulo de desfase entre ellas. Otro parámetro fundamental en el proceso, como es la temperatura, será medido por medio de una cámara termográfica por infrarrojos, la cual permitirá, además de conocer la temperatura de la superficie de la probeta en todo momento, localizar la zona de fallo previamente a su rotura, identificada por ser la de mayor temperatura. La técnica de análisis dinamo-mecánico (DMA), incluida en el grupo de las técnicas de análisis térmico, es una de las herramientas más potentes para el estudio de la influencia de la estructura molecular sobre las propiedades físicas de los polímeros, ya que tiene una gran sensibilidad para detectar cambios de movilidad interna de las moléculas. Una de las aplicaciones más extendidas es la determinación de la temperatura de transición vítrea de este grupo de materiales [1]. Ante un proceso de fatiga que provoca deformaciones mecánicas macroscópicas repetidas, en los materiales poliméricos se produce un reajuste molecular interno, que se puede hacer más evidente debido al incremento de temperatura ocasionado por el calentamiento generado internamente debido a la fatiga. Estos cambios internos se pueden manifestar al exterior por medio de magnitudes dinamo-mecánicas. Para este trabajo se ha seleccionado un material con una temperatura de transición relativamente baja para que durante el proceso de fatiga sea fácil poder superar esta barrera y así poder comprobar cuáles son los cambios que se producen [1]. El principal parámetro para analizar será el ángulo de desfase entre las señales de esfuerzo y de deformación. La obtención de este será directa a través de un software específico que permitirá su monitorización en tiempo real. En análisis posteriores se tratará de obtener este ángulo a partir de la medición de las energías disipadas y almacenadas por ciclo, como ya se ha realizado en trabajos anteriores. Para registrar las temperaturas se empleará una cámara termográfica de infrarrojos, que permitirá la medida sin contacto, evitando posibles errores por fricción entre sonda y material.

Para el desarrollo de este trabajo se ha empleado Poliamida 6 (PA6) inyectada en probetas con forma de halterio tipo 1B según UNE-EN ISO 527-2 [1], cuya geometría y dimensiones se reflejan en la figura 5 [8].

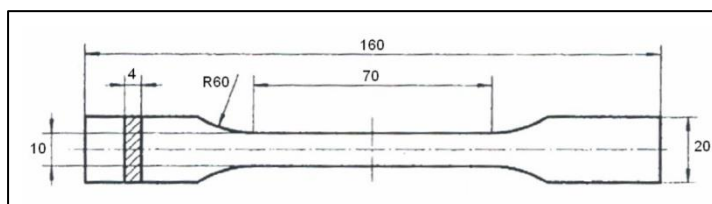


Figura 5. Dimensiones de las probetas empleadas [8].

Se realizaron ensayos de fatiga monótona a temperatura ambiente, empleando una máquina servohidráulica de 5 kN de capacidad. Para todos los ensayos se mantuvo constante el nivel mínimo y se fue variando el valor máximo según se muestra en la Tabla 2, [1].

Tabla 2. Parámetros de carga empleados en fatiga [1].

Ensayo	Fmax (KN)	Fmin (KN)	$\sigma_{max}$ (MPa)	$\sigma_{min}$ (MPa)	$\Delta\sigma$ (MPa)
1	1400	100	32.5	2.3	30.2
2	1300	100	30.2	2.3	27.9
3	1200	100	27.9	2.3	25.6
4	1150	100	26.7	2.3	24.4
5	1100	100	25.6	2.3	23.3
6	1000	100	23.3	2.3	21.0

Durante los ensayos de fatiga se monitorizan la carga aplicada y la deformación de la probeta en base a la medida del desplazamiento del actuador de la máquina de ensayo.

A lo largo del ensayo de fatiga se realizará un análisis dinamo-mecánico con una diferencia respecto al método tradicional, la temperatura de la probeta será generada internamente por el componente por efecto de la carga cíclica, en lugar de recurrir a una fuente externa [1].

Por tanto la temperatura de la probeta es otra magnitud fundamental a determinar. La medida se realiza sin contacto, para evitar rozamientos con la sonda en el proceso de fatiga. Se emplea una cámara termográfica de infrarrojos equipada con un software que permite monitorizar la temperatura en ocho puntos de la probeta repartidos a lo largo del fuste de la misma.

Debido al contenido de humedad presente en el material, es complicado obtener la Tg del material a partir de la bibliografía por lo que se recurre a la técnica de calorimetría diferencial de barrido (DSC) para poder obtenerla con precisión [8].

### Conclusiones.

Se sabe que las áreas de aplicación de los plásticos se pueden ampliar impartiendo características especiales como mayor conductividad eléctrica y térmica por metalización superficial de estos materiales. Aun así, hay estudios muy limitados sobre la deposición de metal sobre sustratos poliméricos por proceso de pulverización térmica debido a varias limitaciones y problemas asociados con este aspecto, aunque algunos informes están disponibles en la fabricación y caracterización de capas de unión utilizando materiales de baja temperatura de fusión [8]. Con este antecedente, este estudio fue abordado con los objetivos de deposición de acero inoxidable 309L en algunos sustratos poliméricos (PP, Nylon 66 y PVC) por proceso de pulverización térmica por arco eléctrico a través de un proceso previo desarrollo de un revestimiento adhesivo. Este revestimiento adhesivo se basó en resina epoxi / micro sílice con partículas metálicas dispersas y empaquetadas ancladas sobre él, que cambiaron la

naturaleza del sustrato superficie creando una topología favorable para la adhesión y dispersión de las partículas pulverizadas [8]. Revestimientos con un espesor medio de 129,06  $\mu\text{m}$  de acero inoxidable y 259,06  $\mu\text{m}$  de capa de unión (epoxi / micro sílice) se obtuvieron sobre un sustrato de cloruro de polivinilo (PVC), que tenía la menor diferencia de coeficiente de expansión térmica con la capa de unión. El recubrimiento obtenido mostró buena conductividad eléctrica. Este tipo de metalización favorable de polímero, podría ser un candidato potencial para reemplazar costosos materiales metálicos o cerámicos en especial aplicaciones [8].

## Referencias

1. J.E. Martin, T. Stevens, G.E. Bellen, L.W. King, J.M. Hylko, Tracer study of polyacrylate polymer in a waste-water plant, Appl Radiat. Isot. 41 (1990) 1165–1172.
2. S.M. Hoff, Applying advanced materials to turboshaft engines, Aerospace Eng.15 (1995) 27–30.
3. T. Lampe, S. Eisenberg, E.R. Cabeo, Plasma surface engineering in the automotive industry—trends and future perspectives, Surf. Coat. Technol. 174 (2003) 1–7.
4. H.C. Choe, Y.M. Ko, Interface activation and surface characteristics of Ti/TiN/HA coated sintered stainless steels, Met. Mater. Int. 12 (2006) 31–37.
5. Milan Ivosevic et al, “3D predictions of thermally sprayed polymer splats: Modeling particle acceleration, heating and deformation on impact with a flat substrate”, International Journal of Heat and Mass Transfer 49 (2006) 3285–3297.
6. Kau-Fui Vincent Wong y Tarun Kurma “Transport Properties of alumina nanofluids”, Nanotecnología 19 (2008) 345702 (8pp).
7. Sergio Gomez Gonzalez. “Solidworks Simulation” edit. Alfaomega 2010,
8. Juan Felipe Santa Marín y Alejandro Toro Betancur, “Tribología: pasado, presente y futuro”, Tecno Lógicas, ISSN 0123-7799, Vol. 18, No. 35, julio-diciembre de 2015

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## “EVALUACION DE UN ADITIVO OXO-DEGRADABLE EXPUESTO A PROCESOS TERMICOS Y AL INTEMPERIE EN PET”

M. E. Ocampo Millán<sup>1\*</sup>, Z. Vargas Galarza, E. García Hernández, A. Olarte Paredes, R. Salgado Delgado.

División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México, mocamil.91@gmail.com

**Área de participación:** Materiales y Nanomateriales poliméricos.

**Resumen:** El aumento del consumo y la producción de PET representa un problema de contaminación y solo se recupera el 35% de PET para su reutilización. Este polímero (PET), está compuesto por moléculas de alto peso molecular que debido a sus propiedades y características tiene una buena barrera contra CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, por lo cual no sufre de oxidación o humedad, es decir, no se pueden degradar sin algún tipo de catalizador, por lo que se necesita agregar aditivos a base de sales minerales que los oxide y en consecuencia reduzca su peso molecular hasta llegar al punto que los haga biodisponible para ser atacado por los microorganismos y lograr su degradación total. En este trabajo de investigación se utilizó un aditivo prooxidante (D2W) de la marca AddiFlex, para la elaboración de las películas de PET fabricadas en un inyector modelo ATLAS con concentraciones de 0, 1, 2 y 3 % de aditivo D2W, posteriormente estas películas fueron sometidas a un proceso de Termodegradación, y Degradación a la Intemperie, las películas fueron caracterizadas por SEM, EDS, FTIR y evaluadas mecánicamente mediante el esfuerzo de tensión. La Termodegradación mostró un comportamiento mecánico gradual, es decir entre mayor porcentaje de aditivo más bajas eran sus propiedades mecánicas, pero se concluyó junto con las otras caracterizaciones que fueron el SEM y el FTIR donde se observó la formación de alcohol, y un índice de carbonilo más pronunciado, que el porcentaje de aditivo D2W ideal era el 2% a 70°C durante 32 horas. Las películas sometidas a degradación a la intemperie tuvieron un comportamiento muy similar, la diferencia aquí es el tiempo, ya que se dejaron expuestas totalmente al sol durante 3 meses.

### Introducción.

Los plásticos han tomado la tierra, y su uso amenazan especialmente los mares, destino final de muchos de ellos, donde perjudican seriamente la salud de los ecosistemas acuáticos y la supervivencia de las especies que los pueblan. Los podemos encontrar en la playa, en las rocas, flotando en el agua e incluso en las zonas más profundas. Desde el ártica hasta la Antártida, en zonas pobladas y en islas deshabitadas (*Greenpeace, 2018*).

Ante este panorama, se han enfocado esfuerzos en la incorporación de aditivos prooxidantes (conocidos comercialmente como aditivos “oxo”) en termoplásticos, de propósito general es una alternativa prometedora, aun cuando la biodegradabilidad de este enfoque es objeto de controversia. Un aditivo prooxidante es una mezcla de sales metálicas que permiten la degradación abiótica de una matriz polimérica por medio de ruptura de cadenas del Polietileno-Tereftalato (PET). También se han denominado como aditivos pro-degradantes, oxo-degradable, oxo-biodegradable, hidro-biodegradable tal es caso del aditivo D2W. (Ammala, et al., 2011)., este tipo de aditivos se adicionan al polímero que se desea degradar, en este caso el Polietileno Tereftalato (PET), que es un polímero plástico con alto grado de cristalinidad y es termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección soplado y termo formado. Es duro y resistente al desgaste (*Arcienega y Carreón, 2008*).

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

### Preparación de probetas de Polietilen-Tereftalato PET/D2W

Para la fabricación de las películas de polietilen-tereftalato (PET), se realizó una matriz de 1 g. de pellets de PET con aditivo pro-oxidantes D2W, la tabla 1 muestra la relación de PET/D2W que se utilizó para cada película.

**Tabla 1** Matriz con diferentes concertaciones de aditivo.

Porcentaje de PET en % y g.	Porcentaje de D2W en % t g.
100%/1 g.	0%/0 g.
99%/ 0.99 g.	1%/0.01 g.
98%/0.98 g.	2%/0.02 g.
97%/0.97 g.	3%/0.03 g.

La mezcla de pellets con aditivo y sin aditivo se colocó en un inyector modelo Atlas, que se muestra en la figura 1, a una temperatura de 230 °C, el tiempo de fundido en el inyector se divide de la siguiente manera; se deja durante 1.20 minutos, sin encender el rotor del inyector y 30 s. más con el rotor encendido a una velocidad de 5.5 rpm lo que hace un total de 1.50 minutos para posteriormente inyectar en el molde de la película.



**Figura 1** Inyector modelo ATLAS.

### Termodegradación

Las películas obtenidas se sometieron a oxidación por calor a una temperatura de 70°C, en una estufa, durante seis períodos de tiempo, de acuerdo a las especificaciones de la ASTM D 5510-94 (2001), con una concentración de 2% de aditivo de D2W.

**Tabla 2** Relación de temperaturas y tiempos de exposición a las que se sometieron las películas (PET/PET/D2W) para su termo-oxidación.

Temperatura °C	Tiempo de Exposición en horas				
40	72	144	288	576	1152
50	24	28	96	192	384
60	8	16	32	64	128
70	2	4	8	24	32



Posteriormente se realizó una réplica de termo-degradación, a 70°C durante 32 h. de exposición, debido a que fueron las únicas películas que presentaron algún cambio en su morfología, las concentraciones utilizadas fueron de 0,1,2,3 % de aditivo D2W. La tabla 2 muestra de manera más explícita a que temperatura y el tiempo de exposición al que se sometieron las películas.

La temperatura de 70°C y los tiempos de exposición a esa temperatura, fueron utilizados debido a que el Polietilen- Tereftalato (PET) es un polímero con una estructura cristalina, una menor temperatura no lograría oxidar sus cadenas poliméricas.

La figura 2 muestra la estufa marca OMRON donde se realizó la Termodegradación.



**Figura 2** Estufa (Termodegradación), marca OMRON, donde se realizó la Termodegradación

### Degradación a la Intemperie

Se puede observar en la figura 11 como se colocaron las películas en una charola hecha de madera reciclada y se dejaron a la intemperie durante 3 meses, donde se monitoreó la temperatura dos veces por día. Durante el periodo de marzo-junio.



**Figura 3** Charola con probetas expuestas al Intemperie

## Resultados y Discusión.

Las siguientes figuras 4y 5 muestran los FTIR de las películas sometidas a los procesos de termodegradación y degradación a la intemperie, a las diferentes concentraciones, se puede observar que hay una mayor transmitancia de 1700 a 1800  $\text{cm}^{-1}$ , cuando tenemos un 2% de aditivo D2W, se observa un pequeño aumento con respecto al 3%. En la figura 4 que muestra los FTIR del proceso de termo degradación se puede observar más significativamente el aumento en la concentración del índice de carbonilo con 2 % de aditivo, y en el rango de 3100 a 3500  $\text{cm}^{-1}$  se puede observar una señal característica del alcohol, indicativo de las primeras etapas de degradación. De la misma manera en la figura 5 muestra el mismo comportamiento que la termo degradación, pero en menor intensidad en las señales.

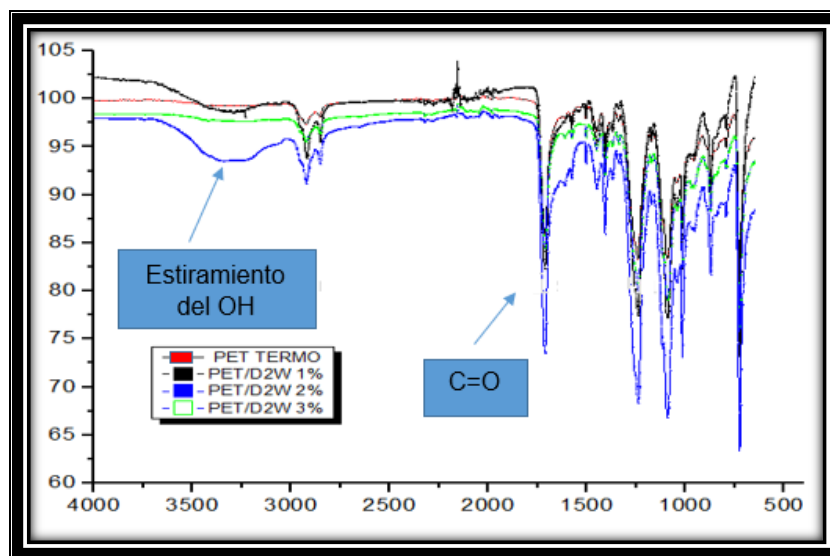


Figura 4 FTIR de las películas de PET sometidas a Termodegradación.

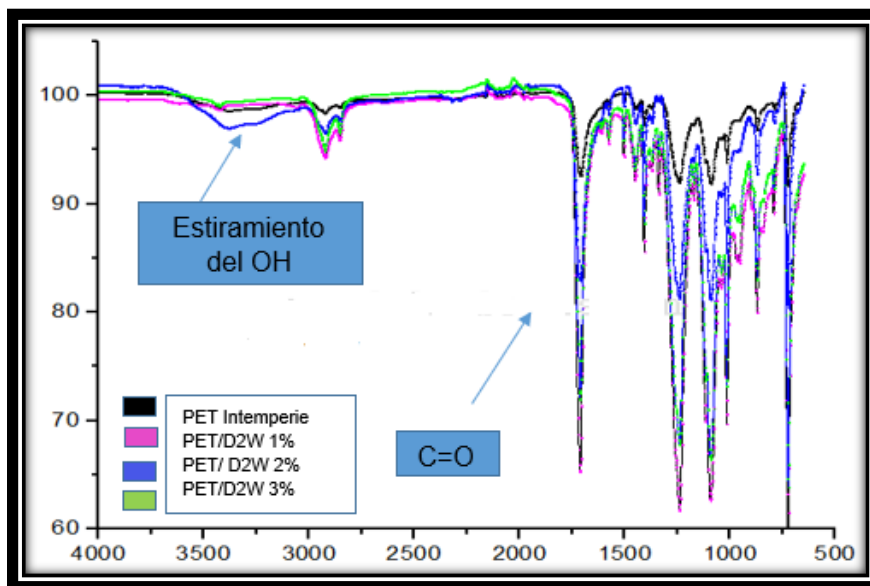
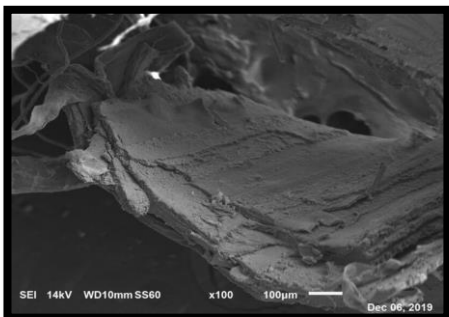
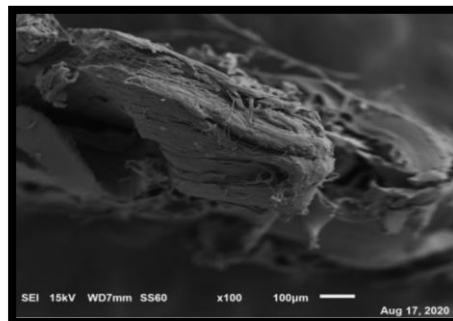


Figura 5 FTIR de las películas de PET sometidas a Degradación a la intemperie.

En la figura 6 se observa un desgaste de capas y desprendimiento entre ellas, pero se observa mayor degradación en las capas poliméricas de la figura 7.



**Figura 6** Micrografía de PET/D2W 2% 100x (Termodegradación).



**Figura 7** Micrografía de PET/D2W 2% 100x (Intemperie).

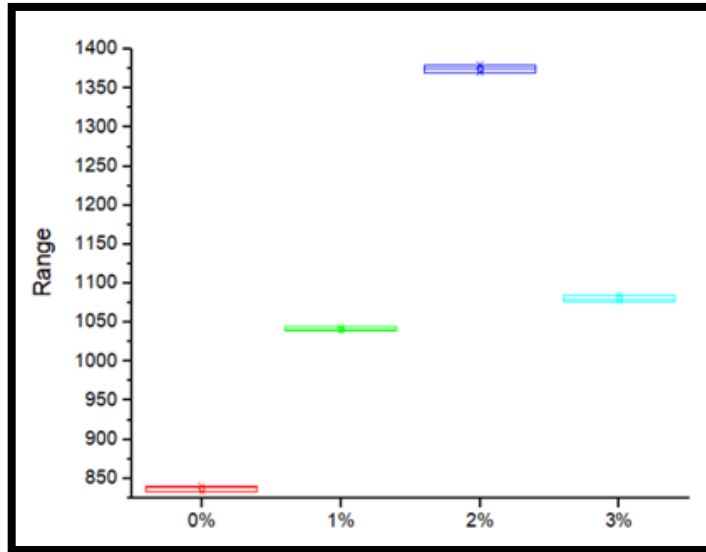
### Termodegradación

En la tabla 3 podemos observar el estadístico Tukey que se realizó a las películas sometidas a Termodegradación y se puede observar que todas las concentraciones comparadas tuvieron algún impacto sobre ellas.

**Tabla 3** Tukey de películas sometidas a Termodegradación

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
1% 0%	204.02667	3.19238	90.38919	0	0.05	1	193.8003	214.24
2% 0%	538.05661	3.19238	238.35743	0	0.05	1	527.8335	548.27
2% 1%	334.03	3.19238	147.97425	0	0.05	1	323.80	344.25
3% 0%	243.56333	3.19238	107.8978	0	0.05	1	233.340	253.78
3% 1%	39.53667	3.19238	17.51462	7.77E-6	0.05	1	29.315	49.759
3% 2%	-294.4933	3.19238	130.45963	0	0.05	1	-304.71	-248.27

En la figura 8 se muestra la gráfica de cajas igual se muestran ligeramente abiertas, pero también muy cerca de la media, la que presenta un poco más de abertura es la concentración del 2% de D2W.



**Figura 8** Gráfica de Cajas (Termodegradación).

### Degradación a la Intemperie.

En la Tabla 4 se muestra el estadístico Tukey de las películas que fueron sometidas a Degradación a la Intemperie y se puede observar que la concentración del 1 al 2 % no tiene una diferencia significativa.

**Tabla 4** Tukey de películas sometidas a Degradación a la Intemperie.

	MeanDiff	SEM	Q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
1% 0%	-13.62	3.44694	5.5880	0.01778	0.05	1	-24.658	-2.581
2% 0%	-21.063	3.44694	8.6418	0.00129	0.05	1	-32.101	-10.02
2% 1%	-7.443	3.44694	3.0538	0.21412	0.05	0	-18.481	3.594
3% 0%	-174.73	3.44694	71.688	0	0.05	1	-185.76	-163.6
3% 1%	-161.11	3.44694	66.100	0	0.05	1	-172.14	-150.07
3% 2%	-153.666	3.44694	63.045	0	0.05	1	-164.70	-142.62

En la figura 9 se observa la gráfica de cajas y es donde se observan las cajas más abiertas de todos los procesos, esto debido a que no se tiene un sistema controlado, si no que fueron las condiciones del clima a las que estaban expuestas, esto hace que varíen más los resultados.

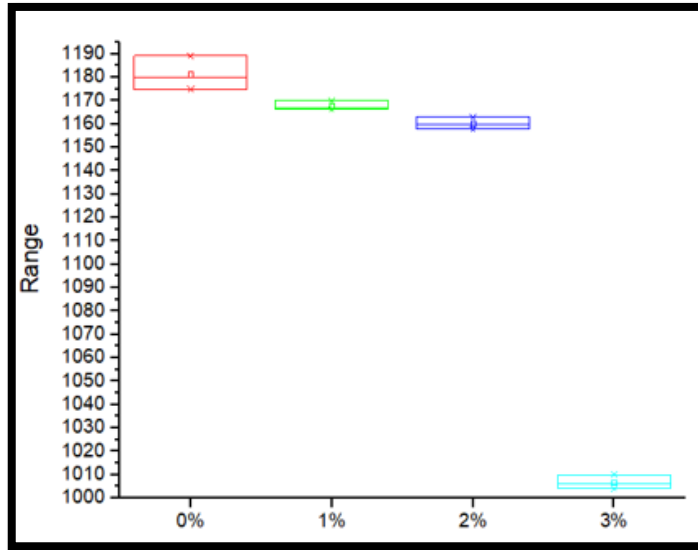


Figura 9 Gráfica de Cajas (Degradación a la Intemperie).

### Conclusiones.

Se concluye que los mejores resultados de degradación fueron con la concentración de aditivo D2W al 2% sometido a termodegradación, debido a que es donde se presenta la formación de alcohol y de acuerdo a Roe- Sosa, 2015 es la primera etapa de degradación, y en la degradación a la intemperie, se presenta un mayor índice de carbonilo y la presumible formación de alcohol. Si se requiere una evidencia en corto tiempo de degradación la termodegradación es la mejor opción y si se someten a degradación a la intemperie se obtienen los mismos resultados, pero en un tiempo de 3 meses donde deben estar totalmente expuestos al sol y los rayos UV solares, y para concluir se determina con la prueba de Tukey que la mejor concentración de aditivo es la del 2% ya que representa una mayor significancia

### Agradecimientos.

Agradecemos a:

CONACYT por la beca otorgada para realizar la maestría en ciencias de la ingeniería llevada a cabo en el Instituto Tecnológico de Zacatepec.

A la División de Estudios de Posgrado e Investigación y al Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, por haberme apoyado de manera materialmente y con los conocimientos de sus catedráticos.

A mi Directora de Tesis la Dra. Zully Vargas Galarza, por haberme brindado su conocimiento, apoyo, confianza, paciencia y consejos durante todo este proceso

Al Tecnológico de Zacatepec por darme las herramientas, materiales y maestros para poder lograr de la mejor manera la maestría y a mis compañeros y amigos.

## Referencias

1. Greenpeace. (2018). Un millón de acciones contra el plástico, Manual para un futuro sostenible. España, San Bernardo Madrid.
2. Ammala- Wong- A. et al. (2011). An overview of degradable and biodegradable polyolefins. Journal of Applied Progress in Polymer Elsevier.
3. Arcienega Carreón I. (2008). Aislamiento de microorganismos degradadores de tereftalato de polietileno PET en medio ambiente combinado. Tesis de Licenciatura Instituto Politécnico Nacional, México D.F.
4. ASTM D 5510-94 (2001). Standar Practice for heat aging of oxidatively Degradable Plastics.
5. Roé-Sosa F. (2015). Degradation and biodegradation of polyethylene with pro-oxidant additives under compost conditions establishing relationships between physicochemical and rheological parameters. Journal of applied of Polymer science.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESPUMAS DE ALMIDÓN/BAGAZO DE CAÑA EMPLEANDO PVA/TRIMETOXISILANO EN CONDICIONES DE SECADO AL VACÍO

L. Cajero-Sotelo<sup>1</sup>, A.M. Salgado-Delgado<sup>1</sup>, A. Olarte-Paredes<sup>1</sup>, A. Vargas-Torres<sup>2</sup> y R. Salgado-Delgado<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. [rene.sd@zacatepec.tecnm.mx](mailto:rene.sd@zacatepec.tecnm.mx)

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias Av. Universidad km 1. Rancho Universitario Tulancingo, Hidalgo. C.P. 43600, México.

**Área de participación:** Materiales y nanomateriales poliméricos

**Resumen:** El uso desmedido del poliestireno expandido ha provocado una gran contaminación puesto que este material no es biodegradable y es de amplio uso. Se han realizado varios estudios con el fin de ofrecer un material alternativo que reemplace al poliestireno expandido, uno de estos materiales propuestos son las espumas de almidón/bagazo de caña/alcohol poli(vinílico) (PVA), sin embargo éstas al contacto con el agua, pierden sus propiedades físicas y mecánicas, perdiendo su potencial de reemplazo. En este trabajo se propuso el recubrimiento de dichas espumas con trimetoximetilsilano (TMMS), a consecuencia de que este compuesto reduce el carácter hidrofílico de las superficies que recubre. También se implementó una metodología que permite acortar el tiempo de proceso y obtener microporos. Posteriormente se evaluaron las propiedades químicas y físicas del material obtenido para verificar si el recubrimiento se adhirió químicamente y si permite reducir la afinidad al agua.

### Introducción.

El poliestireno expandido (EPS, Expanded Poly-Styrene, por sus siglas en inglés) es un derivado del estireno, un compuesto químico que ha sido catalogado como cancerígeno<sup>[1]</sup>. En México se estima que el consumo nacional del EPS es de 125 mil toneladas anuales, de estas el 25% son destinadas para la fabricación de productos desechables de la industria alimenticia mientras que el 75% se divide en el sector de la construcción y embalaje<sup>[2]</sup>. Una vez que el EPS es descartado como desecho, este comienza a fragmentarse en piezas cada vez más pequeñas, hasta llegar a partículas de dimensiones microscópicas<sup>[3]</sup>, las cuales contaminan los suelos y el impacto es aún mayor en los ecosistemas acuáticos<sup>[4]</sup>.

Estos y más problemas ambientales provocados por el uso desmedido del EPS han incentivado estudios para poder ofrecer nuevas alternativas que cubran las características del EPS y a la vez sean amigables con el ambiente. Por lo que, en el presente trabajo se desarrolló y caracterizó un material que podría ser una opción como reemplazo del EPS, espumas de almidón-bagazo de caña-PVA recubiertas con una sustancia que le confiera un carácter hidrófobo [trimetoximetilsilano (TMMS)]. La caracterización consistió en analizar sus propiedades químicas por Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) y Espectroscopia por Dispersión de Energía (EDS); sus características físicas mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM); sus características térmicas por análisis termogravimétrico (TGA) y térmico diferencial (DTA) y también se evaluó su afinidad al agua por la técnica de ángulo de contacto y contenido de humedad

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se llevó a cabo la preparación de 9 espumas con las proporciones a continuación mostradas, cada una seis veces (para evaluar sin silano y con TMMS, además de hacerlo por triplicado). En la Figura 1 se puede observar la matriz de trabajo.

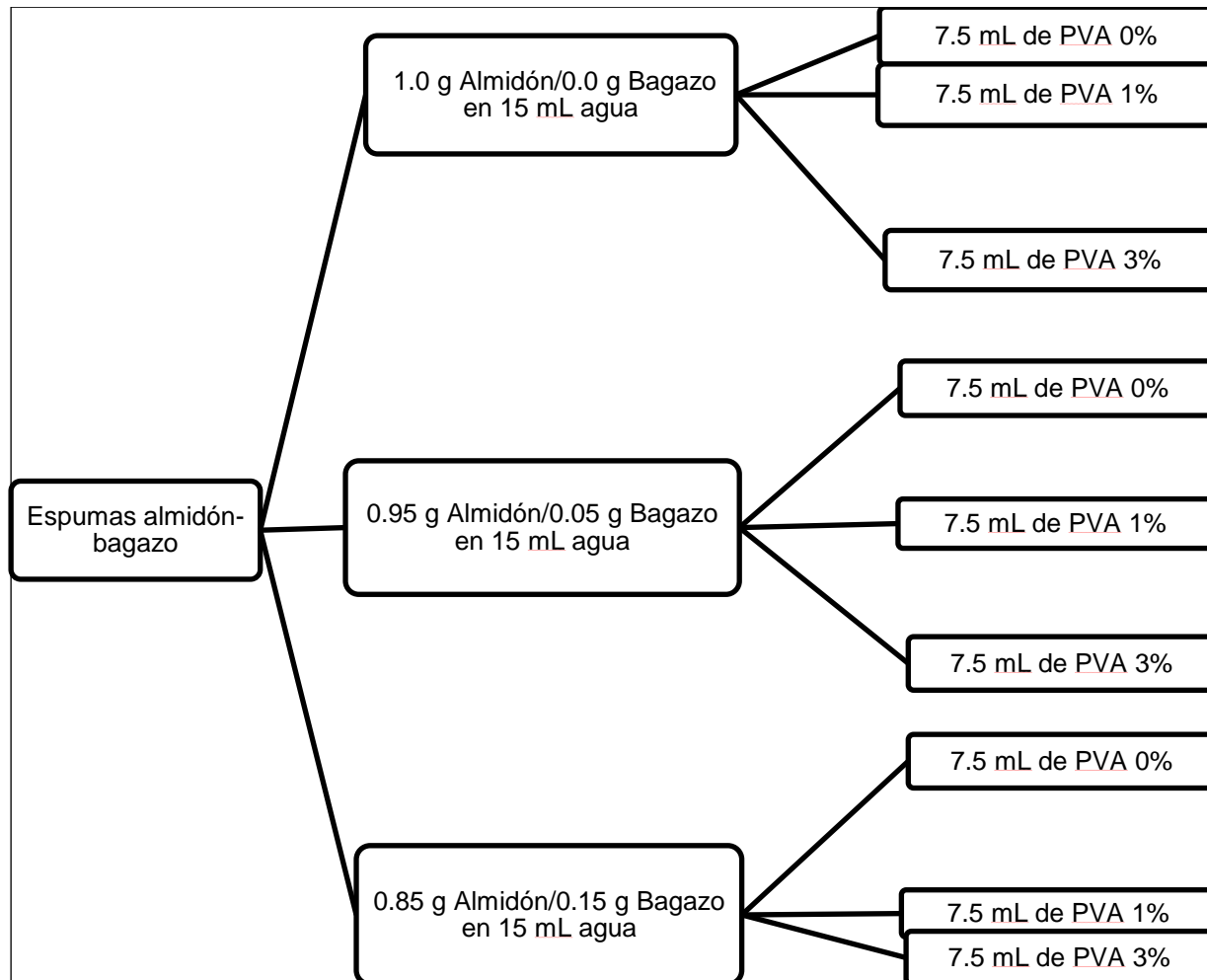


Figura 1. Matriz de trabajo.

Se efectuó la caracterización por espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier a las espumas elaboradas. La lectura se realizó con 16 barridos y los espectros se reportan en unidades de  $\text{cm}^{-1}$  y % transmitancia.

Se realizó la caracterización morfológica de las espumas obtenidas, utilizando un microscopio electrónico de barrido marca JEOL, a 15 kV.

Se cuantificó el contenido de silicio en las espumas silanizadas, utilizando un microscopio electrónico de barrido marca JEOL. El análisis de EDS se realizó con la finalidad de verificar si el TMMS penetró las muestras, es por esto que se analizó el interior de las mismas.

Se realizó la prueba de ángulo de contacto para las muestras silanizadas y sin silanizar. De acuerdo a la descrito por Vargas-Torres *et al.* (2017), si el ángulo es menor a  $90^\circ$ , el material es hidrófilo y si el ángulo de mayor a  $90^\circ$ , el material es hidrófobo [5].

Se efectuó la caracterización de TGA y DTA en un instrumento estándar modelo Q600, el análisis solo se realizó a 6 muestras representativas de la matriz sin silanizar. Se analizó, por triplicado, el porcentaje del contenido de humedad en las muestras de los materiales compuestos con almidón, bagazo de caña y PVA, silanizados y sin silanizar.

## Resultados y Discusión.

### FTIR

Para la comparación de los espectros de las muestras con y sin silano, se confirma la interacción del material con el silano, ya que las muestras silanizadas presentan señales en las regiones de  $1258\text{ cm}^{-1}$  y  $768\text{ cm}^{-1}$  para el TMMS, las cuales indican los estiramientos en los enlaces  $-\text{Si-C-O}-$  y  $-\text{Si-C}-$  respectivamente. Ver Figura 2.

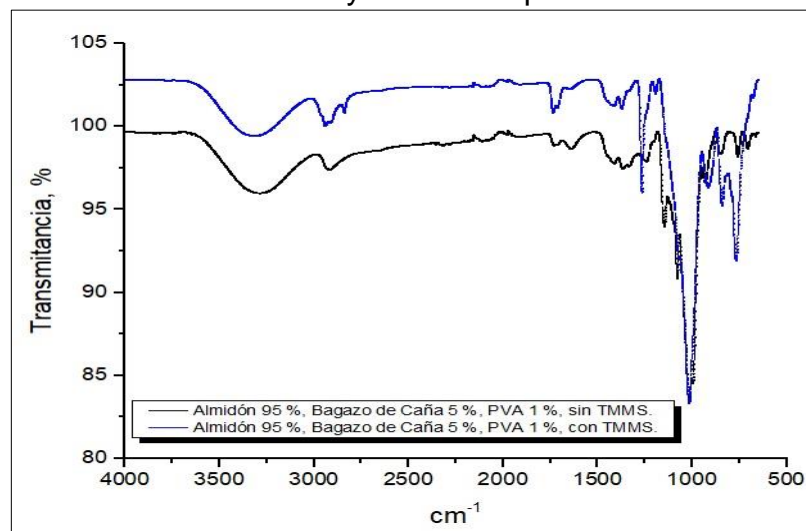


Figura 2. Espectros FTIR de muestras 0.95 g almidón/0.05 g bagazo y 1% de PVA, con y sin TMMS.

### SEM

A continuación se presentan dos imágenes adquiridas del interior de las espumas sin y con silanización a 500 X. Ver Figuras 3 y 4.

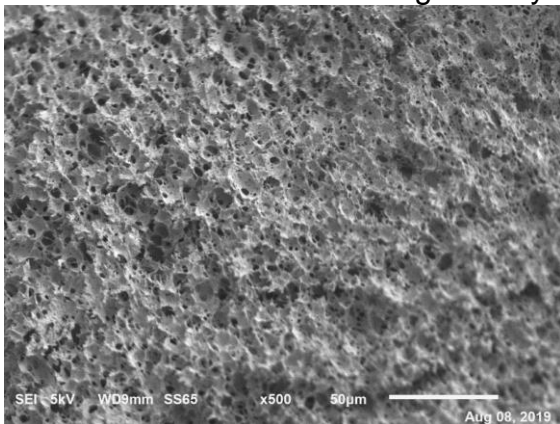


Figura 3. Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 1% PVA sin TMMS.

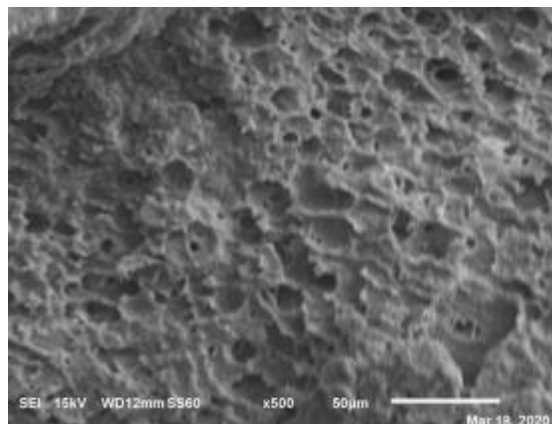


Figura 4. Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 1% PVA con TMMS.

## EDS

Se presentan los resultados obtenidos en la tabla 1.

**Tabla 1. Resultados de EDS.**

Muestra	% Silicio Análisis EDS (% Mol)
0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 0% PVA con TMMS.	23.34
0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 1% PVA con TMMS.	21.74
0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 3% PVA con TMMS.	15.15
0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 0% PVA con TMMS.	21.21
0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 1% PVA con TMMS.	16.33
0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 3% PVA con TMMS.	14.11
1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 0% PVA con TMMS.	6.06
1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 1% PVA con TMMS.	7.37
1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 3% PVA con TMMS.	5.64

El análisis de EDS exhibe una relación entre el contenido de PVA y el porcentaje de silicio en la muestra, en donde este disminuye cuando se aumenta el contenido de PVA, esto se le atribuye a que el PVA interacciona con el almidón y bagazo e impide que estos interactúen con el silano.

## ÁNGULO DE CONTACTO

A continuación se presenta una Tabla 2 con los resultados.

**Tabla 2. Resultados de Ángulos de Contacto.**

Núm.	Muestra	Ángulo Promedio
1	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 0% PVA sin silanizar.	99.5 °
2	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 0% PVA con Trimetoximetilsilano.	68 °
3	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 1% PVA sin silanizar.	77.5 °
4	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 1% PVA con Trimetoximetilsilano.	82 °
5	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 3% PVA sin silanizar.	70 °
6	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 3% PVA con Trimetoximetilsilano.	119.5 °
7	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 0% PVA sin silanizar.	119 °
8	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 0% PVA con Trimetoximetilsilano.	119 °
9	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 1% PVA sin silanizar.	48 °
10	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 1% PVA con Trimetoximetilsilano.	140.5 °
11	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 3% PVA sin silanizar.	54 °
12	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 3% PVA con Trimetoximetilsilano.	144 °

13	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 0% PVA sin silanizar.	44 °
14	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 0% PVA con Trimetoximetilsilano.	104.5 °
15	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 1% PVA sin silanizar.	65 °
16	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 1% PVA con Trimetoximetilsilano.	100 °
17	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 3% PVA sin silanizar.	57 °
18	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 3% PVA con Trimetoximetilsilano.	123 °

De acuerdo a los resultados anteriores, las espumas que se encuentran silanizadas reducen el carácter hidrofílico comparando cuando no están silanizadas, puesto que si se compara el ángulo de contacto contra las espumas sin silanizar, se puede observar un aumento en este. Y esto se debe a la interacción química del TMMS con el material polimérico.

### TGA Y DTA

En la Tabla 3 se concentran los resultados de las etapas de degradación.

**Tabla 3. Resultados de etapas de degradación.**

Núm.	Muestra	Primer etapa (° C)	Segunda etapa (° C)	Tercera etapa (° C)
1	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 0% PVA sin silanizar.	54.6	305.4	495.3
2	Muestra 0.85 g Almidón/0.15 g Bagazo, 3% PVA sin silanizar.	56.3	303.5	485.4
3	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 0% PVA sin silanizar.	62.1	303.9	506.1
4	Muestra 0.95 g Almidón/0.05 g Bagazo, 3% PVA sin silanizar.	56.3	307.1	489.7
5	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 0% PVA sin silanizar.	52.6	303.5	510.0
6	Muestra 1.00 g Almidón/0.00 g Bagazo, 3% PVA sin silanizar.	56.5	309.5	500.5

Con base a los datos anteriores se puede establecer una relación entre la concentración de almidón/bagazo de caña, concentración de PVA y la tercera etapa de degradación. Dicha relación presenta un aumento en la tercer etapa de degradación al subir la concentración de almidón y reducir la concentración de PVA.

### PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Se reporta en la Tabla 4, donde puede observarse lo siguiente:

- El contenido de humedad disminuye cuando el PVA aumenta, esto debido a que los grupos OH de la matriz del material no se encuentren tan disponibles para interactuar con el agua a causa de que estén interactuando con los grupos OH del PVA.
- El contenido de humedad disminuye cuando la concentración de bagazo aumenta, esto debido al carácter hidrófobo del bagazo de caña.

- El contenido de humedad disminuye cuando el material se recubre TMMS, confiriéndole un carácter hidrófobo.

**Tabla 4. Porcentajes de humedad.**

No. De Muestra	Almidón, %.	Bagazo de Caña, %.	PVA, g.	Recubrimiento	Contenido de humedad (promedio de las 3 réplicas), %.
1	100	0	0	Sin TMMS	8.8078
2	100	0	1		7.4229
3	100	0	3		7.7250
4	95	5	0		5.0107
5	95	5	1		4.0827
6	95	5	3		3.1921
7	85	15	0		3.4407
8	85	15	1		2.643
9	85	15	3		3.6218
10	100	0	0	Con TMMS	6.5133
11	100	0	1		4.2522
12	100	0	3		3.7772
13	95	5	0		4.1267
14	95	5	1		2.9541
15	95	5	3		3.4081
16	85	15	0		2.7630
17	85	15	1		2.2523
18	85	15	3		3.4564

### Conclusiones.

Se logró obtener un material microporoso, reduciendo el tiempo de preparación previamente reportado<sup>[6]</sup>, al silanizar el mismo, se comprobó mediante FTIR, SEM, EDS, TGA y DTA que la matriz polimérica interactuó tanto físicamente como químicamente con el silano y de esta forma se disminuyó el porcentaje de contenido de humedad, sin embargo el material aún absorbe humedad, a pesar de ello el material podría tener utilidad en la industria de la construcción, dentro de paneles compuestos laminados, para confirmar esto, se le tendrían que realizar más pruebas, por ejemplo, prueba mecánica de compresión.

### Agradecimientos.

Al CONACYT por haber otorgado una beca económica durante los dos años en los que se llevó a cabo el proyecto.

### Referencias

1. Martínez, I. (2019). ¿Por qué debe prohibirse el uso de unigel en la industria alimenticia en México? I/II. [online] Derecho en Acción. Available at: <http://derechoenaccion.cide.edu/por-que-debe-prohibirse-el-uso-de-unigel-en-la-industria-alimenticia-en-mexico-i-ii/> [Accessed 7 Dec. 2018].
2. Anipac.com. (n.d.). Arranca operaciones el primer Centro de acopio de unigel en México – Anipac. [online] Available at: <https://anipac.com/2016/12/02/arranca-operaciones-el-primer-centro-de-acopio-de-unigel-en-mexico/> [Accessed 10 Nov. 2018].



3. Kwon, B., Koizumi, K., Chung, S., Kodera, Y., Kim, J. and Saido, K. (n.d.). Global styrene oligomers monitoring as new chemical contamination from polystyrene plastic marine pollution. [online] Pubag.nal.usda.gov. Available at: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/5464647> [Accessed 10 Nov. 2018].
4. Derraik, J.G. (2002). "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review". En Marine Pollution Bulletin, Vol. 44. Nueva Zelanda, p.842-852.
5. Vargas-Torres, A. *et al.* 2017. Preparación de espumas hechas con almidón de chayotextle mezclado con harina de plátano y fibras de madera. Journal of Applied Polymer Science.
6. Lozano-Pineda, E. (2020). "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de aerogeles elaborados a partir de almidón de papa (*Solunum tuberosum*) y chayotextle (*Sechium edule*). Tesis de Licenciatura. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zacatepec.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## EFECTO DEL TIPO DE MEMBRANA EN LA EFICIENCIA DE LA ULTRAFILTRACIÓN TANGENCIAL DEL JUGO DE TIMBIRICHE (*B. hemisphaerica*)

C. Jiménez-Rebollar<sup>2</sup>, F. J. Hernández-Campos<sup>1,2</sup>, E. J. Olivares<sup>1</sup>, W.N. Hernández-Díaz<sup>1,2</sup>  
Z. Vargas-Galarza<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-

<sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [carloswb.bioquimica@hotmail.com](mailto:carloswb.bioquimica@hotmail.com)

*Área de participación: Bioprocesos*

**Resumen:** En el presente trabajo se evaluaron dos tipos de membranas en el proceso de ultrafiltración tangencial del jugo de timbiriche, para lo cual se realizaron experimentos bajo las mismas condiciones de operación, utilizando un presión del sistema de 19.75 PSI, flujo de alimentación de 3 L/h y un flujo de contrapresión de 1 L/h, se comparó el comportamiento de flux de permeado en ambos experimentos realizando 3 caracterizaciones con agua desionizada al término del proceso de UF y se valoró el factor de purificación, el rendimiento de recuperación y la selectividad. Los resultados obtenidos muestran que la membrana de polietersulfona (PS) presenta un valor más alto de flux de permeado a ambos experimentos presentan fenómenos de taponamiento, dicho fenómeno es mayormente reflejado en la membrana de polietersulfona (PS) durante el proceso de UF y justo después de someter la membrana al proceso de lavado con solución enzimática de Tergazyme. En cuanto a las variables de eficiencia del proceso, se vio reflejado un valor mayor de selectividad ( $\Psi$ ) para la membrana de celulosa regenerada (CR), algo esperado debido a la interacción del jugo con el tipo de material de cada membrana. El factor de purificación (P) presento ser mayor en polietersulfona pese haber presentado un mayor taponamiento durante el proceso para finalmente obtener valores de rendimiento de recuperación (Y) mayores en la membrana de celulosa regenerada, sin embargo, los valores de recuperación fueron muy bajos para ambos experimentos.

### Introducción.

La tecnología de membranas ha tenido un desarrollo tecnológico importante en las últimas décadas, lo cual es respaldado por los numerosos trabajos de investigación realizados en la materia. Esta tecnología, constituye una serie de técnicas de separación que consisten en emplear un gradiente de presión para forzar el paso de los componentes de una disolución a través de una membrana porosa semipermeable, para así obtener una separación sobre la base del tamaño, e incluso de la carga molecular (Chacon, A et al., 2006).

La presión necesaria para forzar el paso a través de las membranas suele ser proporcional al tamaño de los poros, siendo necesario incrementar sustancialmente su magnitud a medida que el tamaño de estos decrece (Brans et al. 2004).

Las membranas que son utilizadas pueden ser de una gran diversidad tanto en formas como en materiales. Estas membranas pueden estar hechas de acetato de celulosa (celulósicas), de polímeros orgánicos (polisulfonas, teflón, propilenos, poliamidas, polisulfuros, polipropilenos), o compuestas de sales inorgánicas ( $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ).

La ultrafiltración es una operación en la rama de tecnología de membranas que ha incrementado su interés en el procesamiento de productos biotecnológicos, así como en múltiples aplicaciones, como es el caso de la obtención de proteínas de lactosuero, la recuperación de metabolitos de fermentación, la limpieza de aguas residuales, etc.

En general es utilizada para separar solutos en suspensión dentro de una solución, o bien para concentrar algún producto de interés (Harrison, R.G. et al, 2003).

Los procesos de ultrafiltración son rentables y pueden ajustarse para lograr una alta productividad y pureza del producto al mismo tiempo. La ultrafiltración se ha convertido en uno de los métodos más utilizados para la concentración de proteínas y enzimas industriales ya que permite trabajar en condiciones no desnaturizantes para una proteína.

La filtración de flujo tangencial es utilizada para la separación de mezclas de proteínas sin importar su relación de tamaño (Van Reis et al., 1999). Puede emplearse en la remoción de impurezas específicas (DNA, proteínas, endotoxinas), o bien para la eliminación de oligómeros y/o productos de degradación de proteínas.

Un problema muy común en los procesos de separación de membranas es la reducción del flujo de permeado, que se presenta debido a un fenómeno denominado obstrucción de la membrana (taponamiento de membrana), dicho fenómeno es resultado de múltiples aspectos a considerar como, por ejemplo: la naturaleza de la membrana, las características propias de la solución y el cuidado que se le dé a cada membrana (lavado y almacenamiento). Este fenómeno se ha convertido en razón de estudio debido a que es un factor crítico, ya que reduce la eficiencia del proceso y da como resultado un aumento de los costos de operación y mantenimiento (Córdova, A et al., 2016).

Las proteasas son enzimas que hidrolizan enlaces peptídicos en proteínas, desde el punto de vista de la industria, son las enzimas más importantes porque representan cerca del 60% de todas las enzimas comercializadas en el mundo (Gronzka y col., 2007).

La especie *Bromelia hemisphaerica* (timbiriche) es una planta que crece en las regiones tropicales y subtropicales de México, El fruto de esta planta ha demostrado ser una fuente accesible de Hemisfericina, proteasa con características funcionales similares a la Bromelina de la piña.

En el presente trabajo con el propósito de analizar el efecto que tiene el tipo de membrana en la eficiencia del proceso de ultrafiltración tangencial de jugo de Timbiriche, se realizaron ultrafiltraciones (UF) en dos tipos de membranas, polietersulfona (PES) y celulosa regenerada (CR). Cuando el proceso alcanzó el estado de Flux estacionario se tomaron muestras del retenido y el permeado. A partir de las muestras obtenidas se realizó la cuantificación de la proteína total (Bradford), la actividad proteolítica (Kunitz-Lowry) y los azúcares totales (Antrona). Para así, con estos datos realizar la valoración de la eficiencia del proceso con el cálculo del flux de permeado en estado estacionario ( $J_{ss}$ ), el factor de purificación (P) y la selectividad ( $\Psi$ ).

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

La muestra utilizada de jugo de timbiriche con un pH ajustado a 5.5 fue previamente filtrada con papel filtro marca Whatman, posteriormente el proceso de ultrafiltración (UF) fue realizado con una bomba peristáltica portátil de flujo variable (DULCO®flex) y una bomba peristáltica estacionaria (DULCO®flex DF4a). Una balanza analítica (Adventurer Pro AV412) conectada a una computadora portátil en la cual se realizó la adquisición automática de datos empleando el software WinWedge, y dos cartuchos de membranas, un pellicon XL con membrana de Polietersulfona (PES) y un pellicon XL con membrana de Celulosa Regenerada (CR) ambas de 30 kDa.

Todos los experimentos de UF fueron realizados con un flujo de alimentación de 3 L/h mediante una bomba peristáltica portátil, el tiempo de proceso de UF del jugo duro aproximadamente 2.5 h a una presión transmembrana constante de 20 PSI, tiempo necesario para alcanzar el régimen de flux de permeado estacionario ( $J_{ss}$ ). Parte del flujo de permeado fue recirculado en la membrana mediante el uso de una bomba peristáltica estacionaria utilizando un flujo de contrapresión de 1 L/h. El jugo permeado fue medido con una balanza semi analítica y los datos de peso fueron recolectados con ayuda del software WinWedge en una hoja de cálculo de Excel. Con estos valores se calculó el flux de permeado. El retenido fue recirculado al recipiente de alimentación y al finalizar la UF, se tomaron muestras del retenido y permeado para realizar los análisis correspondientes.

Ambas membranas fueron caracterizadas en 4 diferentes etapas de los experimentos: La primera caracterización (CM), fue a las membranas limpias, esto es, antes de ultrafiltrar el jugo. La segunda caracterización (C1), se realizó justo después de haber terminado la UF. Posterior a esta caracterización, se eliminó el soluto depositado sobre la superficie de la membrana y después de esto se realizó la tercera caracterización (C2). La cuarta caracterización se hizo después de haber sometido las membranas a un proceso de limpieza profundo (para eliminar solutos del interior de los poros) empleando Tergazyme y SDS. Todas estas caracterizaciones se realizaron por triplicado, haciendo pasar un flujo de agua desionizada de  $3 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$  a una presión transmembrana de 20 PSI, y sin contrapresionar el sistema.

A las muestras de permeado y retenido se les cuantifico la concentración de proteínas totales usando el método de Bradford, para la cuantificación de azúcares totales fue utilizado el método de Antrona, y para la cuantificación de la actividad proteolítica se utilizó el método de Kunitz, obteniendo estos valores, se realizó el cálculo del Factor de purificación (P), la selectividad ( $\Psi$ ) y rendimiento de recuperación (Y).

## Resultados y Discusión.

En la *Figura 1* se muestra la comparación del comportamiento del flux de permeado obtenido con la membrana de PES y CR durante la ultrafiltración del jugo de Timbiriche. Como se puede observar, el comportamiento obtenido para ambos tipos de membrana es similar. Primero se da una rápida disminución del valor de J con respecto al tiempo de proceso, que en el caso de la membrana de PES dura alrededor de 0.75 horas, mientras que para la membrana de CR es de aproximadamente 0.25 h. Este decaimiento de los valores de J se debe a que, al inicio del proceso, un alto porcentaje de los solutos presentes en la alimentación se depositan en la superficie y en el interior de los poros de la membrana, dificultando así la transferencia de masa a través de la membrana. Posteriormente, los valores de J tienden a tener una menor variación con respecto al tiempo, manteniéndose prácticamente constantes y alrededor de  $20 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  para la membrana de PES, y de  $8 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  para CR. Este comportamiento se debe a que se alcanza un equilibrio entre la cantidad de solutos que se depositan sobre la superficie de la membrana con respecto a aquellos que regresan al seno del líquido debido al flujo del fluido en el interior del equipo de UF.

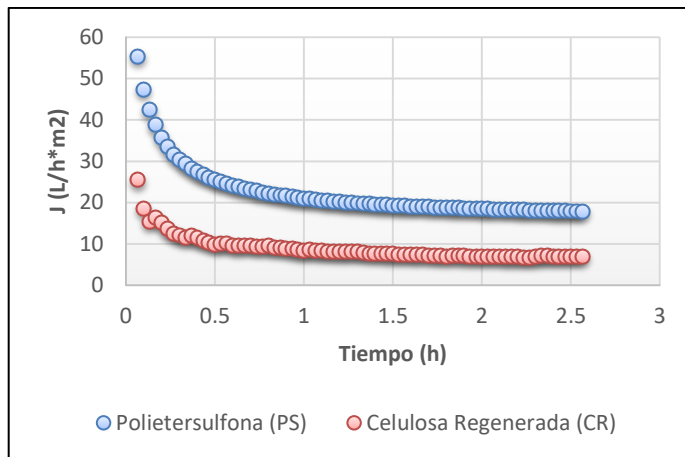


Figura 12. Comparación de flux de permeado estacionario ( $J_{ss}$ ) para cada membrana

La diferencia en los valores de flux de permeado alcanzados durante el estado estacionario de la UF para ambos tipos de membrana puede deberse a las diferencias en la estructura al interior de los poros que presenta ambas membranas, siendo la estructura anisotrópica de la membrana de PES la que permite tener un mayor flux de permeado, tendencia que también se observa en las caracterizaciones de las membranas presentadas en las Figuras 2 y 3.

Con respecto a las caracterizaciones de las membranas, como puede observarse en las Figuras 2 y 3, el orden en el que se presentan con respecto a los valores de  $J_{ss}$  alcanzados es similar para ambos tipos de membranas. En este sentido, para la caracterización denominada como CM se obtiene el valor más alto de  $J_{ss}$ , siendo esto lógico ya que esta caracterización se hace antes de emplear la membrana en la UF del jugo de Timbiriche. Con respecto a la caracterización denominada como C1, los valores de  $J_{ss}$  son los más bajos ya que esta se realizó justo después de haber hecho la UF del jugo de Timbiriche y la membrana se encuentra taponada tanto por los solutos depositados en la superficie de la membrana, como por los solutos que están alojados en el interior de los poros, ocasionando una disminución del  $J_{ss}$  con respecto a los valores obtenidos para CM de alrededor del 42 % en la membrana de CR y del 72 % en la membrana de PES. En el caso de la caracterización denominada como C2, en esta los valores de  $J_{ss}$  son ligeramente mayores a los obtenidos para C1, ya que al haber sido removidos los solutos de la superficie de la membrana el taponamiento que se tiene solo corresponde al de los solutos incrustados en el interior de los poros, los cuales ocasionan una disminución del  $J_{ss}$  con respecto a los valores obtenidos para CM del 33 % en la membrana de CR y del 63 % en la membrana de PES. En la última caracterización (C3), se ve reflejado el efecto que tuvo en las membranas el proceso de lavado con Tergazyme y SDS, siendo más efectivo en la recuperación de la membrana de CR donde se observa una recuperación del  $J_{ss}$  de prácticamente el 100 %, mientras que para la de PES solo se logró recuperar alrededor de un 75 % del  $J_{ss}$  original.

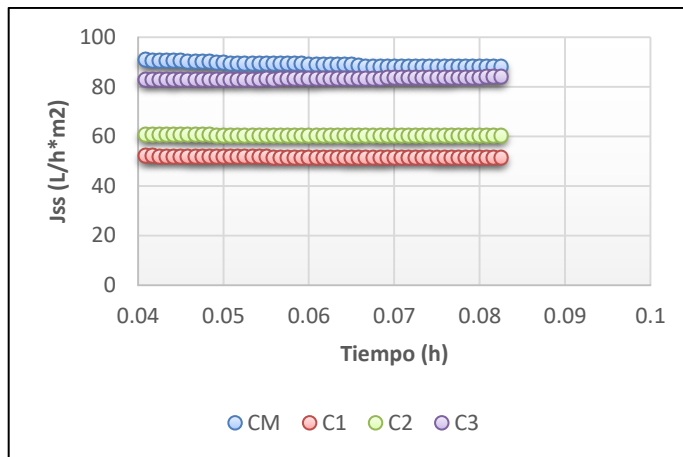


Figura 13. Comparación de flux de permeado en estado estacionario para las distintas caracterizaciones de la membrana de CR a una presión de 19.75 PSI

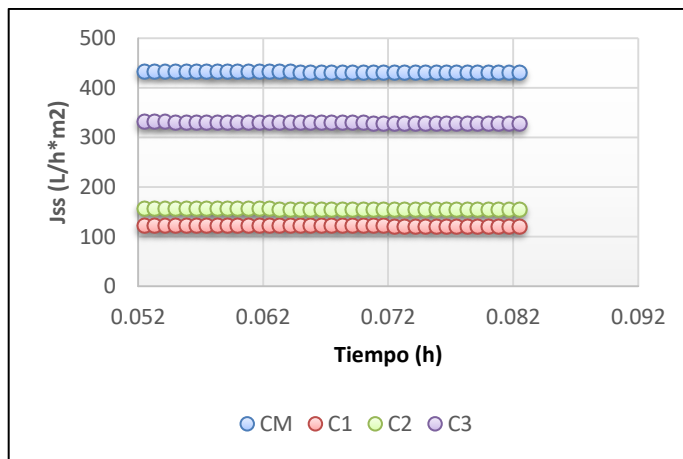


Figura 14. Comparación de flux de permeado en estado estacionario para las distintas caracterizaciones de la membrana de PS a una presión de 19.75 PSI

En la Tabla 1 se muestra la comparación de los valores obtenidos para la selectividad ( $\Psi$ ), el factor de purificación (P) y el rendimiento de recuperación de la Hemisfericina (Y), obtenidos durante el proceso de ultrafiltración con las diferentes membranas. Se puede observar que los valores de selectividad, factor de purificación y el rendimiento presentan un cambio dependiendo del material de la membrana, esto por la interacción entre los solutos del jugo con respecto de cada membrana.

Tabla 6. Comparación de variables de eficiencia de proceso

TIPO DE MEMBRANAS	VARIABLES DE EFICIENCIA		
	$\Psi$	P	Y
CELULOSA REGENERADA	1.2603	0.5556	0.2414
POLIETERSULFONA	0.8618	0.897	0.1622



Dando como resultado una mayor selectividad ( $\Psi$ ) en la membrana de Celulosa regenerada, algo esperado de ver debido a la menor interacción de las proteínas presentes en el jugo con dicha membrana. El factor de purificación se ve afectado mayormente en la membrana de celulosa regenerada, esto debido al taponamiento que sufrió durante el proceso de UF. Finalmente se pudo observar un rendimiento de recuperación muy bajo con ambos tipos de membranas, esto debido a la cantidad de solutos que pudieron estar presentes en las muestras de jugo de timbiriche y que pudieron afectar el proceso de UF.

### **Conclusiones.**

De acuerdo con los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que cada membrana interactúa de manera diferente con el jugo de Timbiriche. En el caso del comportamiento del flux de permeado en estado estacionario ( $J_{ss}$ ) se observa que durante el proceso de UF, ambas membranas presentan un fenómeno de taponamiento, en donde la reducción del  $J_{ss}$  es evidente en ambos casos, sin embargo cuando ambas membranas son sometidas al proceso de lavado para poder remover la mayor cantidad de residuos en su interior, en ambos experimentos se ha logrado recuperar parte de su flux original, siendo en la membrana de PES cercano al 75 % en comparación con el  $J_{ss}$  inicial de la membrana, mientras que la membrana de CR se ha recuperado cerca del 100 %.

A pesar de presentar comportamientos diferentes en ambos experimentos, se pudo observar que el valor de selectividad ( $\Psi$ ) fue mayor en celulosa regenerada en comparación con polietersulfona, pese a trabajar en mismas condiciones, este comportamiento podría estar relacionado con el ensuciamiento de la membrana, puesto que los valores de  $\Psi$  en polietersulfona son menores y esta presentó un mayor porcentaje de ensuciamiento durante el proceso de UF, dificultando de esta forma el permeado efectivo de una mayor cantidad de solutos considerados como contaminantes (azúcares y proteínas sin actividad proteolítica).

Para los datos obtenidos de (P), la membrana de polietersulfona ha presentado valores más altos a pesar de haber presentado mayor taponamiento durante el proceso de UF, mientras que el rendimiento de recuperación (Y) se vio incrementado para la membrana de celulosa regenerada, aunque en ambos experimentos se trabajara bajo las mismas condiciones de operación.

Sin embargo, algo que fue bastante notorio en ambos casos fue el rendimiento de recuperación, el cual fue bastante bajo con respecto a lo esperado, fenómeno al cual pueden ser atribuidos distintos factores durante el proceso de UF.

Para futuros trabajos se recomienda evaluar el comportamiento de estos fenómenos obtenidos, trabajando a distintas condiciones de trabajo, como aumentar el flujo de contrapresión, o las condiciones de presión en el sistema.

## Referencias

1. 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.
2. Córdova, A., Astudillo, C., Guerrero, C., Vera, C., & Illanes, A. (2016). Assessment of the fouling mechanisms of an ultrafiltration membrane bioreactor during synthesis of galactooligosaccharides: Effect of the operational variables. *Desalination*, 393, 79-89.
3. Chacón-Villalobos, A. (2006). Tecnologías de membranas en la agroindustria láctea. *Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 243-263.
4. Fraga, F., & López-Capont, M. (1958). Oligosacáridos en el mejillón (*Mytilus edulis*). Factor de proteínas.
5. Gronzka Z., Kasprzykowski F. y WickzW., 2007. Cysteine Proteases. En: *Industrial Enzymes*, Editores: J. Polaina & A. MacCabe, Ed.:Springer, pp. 181-195.
6. Harrison R.G., Todd P., Rudge S.R., Petrides D.P., (2003) *Bioprocess design; Bioseparations science and engineering*, 1<sup>a</sup> ed., Oxford University Press, Chapter 11, pp. 362-368.
7. Kunitz, M (1947). Crystalline soybean trypsin inhibitor. *J. Gen. Physiol.*, 30, 291-310
8. Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A.L. Farr and R. J. Randall, (1951). Protein measurement with the Folin-Phenol reagents. *J. Biol. Chem.* 193: 265-275.
9. Solís, C. A., Vélez, C. A., & Ramírez-Navas, J. S. (2017). Membrane technology: Ultrafiltration. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 11(22), 26-36.
10. Van Reis, R., Brake, J. M., Charkoudian, J., Burns, D. B., & Zydney, A. L. (1999). High-performance tangential flow filtration using charged membranes. *Journal of Membrane Science*, 159(1-2), 133-142.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## APLICACIÓN MOVIL WEB MEDIANTE *AppInventor 2* PARA EVALUACION DE ESTUDIANTES DEL ITZ.

J. Á. Peña-Ramírez, N. J. Ontiveros-Hernández, M.H. Tiburcio-Zúñiga, S. Espinoza-Salgado. M. Ciprian-Rosario.

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27 C.P.  
62780 Zacatepec, Morelos, México  
[penita14@hotmail.com](mailto:penita14@hotmail.com), {norma.oh, mario.tz, socrates.es, maritza.cr}@zacatepec.tecnm.mx.

**Área de participación:** Aplicaciones entorno web móvil (ISC).

**Resumen:** En este artículo se plantea una solución tecnológica sobre tres aplicaciones móviles *web*, la primera trata sobre el control y gestión de operaciones de datos (altas, bajas consultas y actualizaciones) para el docente y estudiante (conectando dicha aplicación a la nube), la segunda trata sobre escanear el código QR para cada estudiante para obtener información de su promedio final y la tercera trata sobre la generación de código QRs para cada estudiante.

### Introducción.

La primera aplicación móvil *web* se utiliza para fines académicos (Docente y Estudiante). El docente tiene el permiso como administrador sobre el servidor hosting gratuito que se encuentra en la nube, para manipular las siguientes operaciones: altas, bajas, consultas, modificaciones, utilizando el manejador MySQL versión 7.2, también permite la escritura/lectura del dominio del hostig(<https://zacatepecitz12.000webhostapp.com/>), de donde se sube y baja la información sobre los módulos de altas, bajas, consultas y modificaciones en lenguaje php, por otro lado el estudiante puede consultar su promedio mediante su número de control, la segunda aplicación móvil *web* permite escanear el QR de cada estudiante generada por el docente. Este QR se pueden generar de forma automática o manual, si es automática el docente utiliza la tercera aplicación móvil *web*, de lo contrario, si es manual, se genera mediante un sitio *web*([api.qrserver.com/v1/create-qr-code/?size=150x150&data=](https://api.qrserver.com/v1/create-qr-code/?size=150x150&data=)) gratuito y a su vez se añade la URL del drive de la nube, para finalizar se considera una tercer aplicación móvil *web* que permite generar QRs([api.qrserver.com/v1/create-qr-code/?size=150x150&data=](https://api.qrserver.com/v1/create-qr-code/?size=150x150&data=)) de forma automática para cada estudiante y a su vez añade la URL generada por el drive de la nube (componente, 2020).

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

En este artículo se presenta el *AppInventor* (programación a bloques), que permite desarrollar aplicaciones para *Android* de un modo completamente visual, en 2011 Google decide trabajar en conjunto con el M.I.T (*Massachusetts Institute of Technology*), y desde entonces ambos organismos son los encargados de dar a conocer esta tecnología entre la comunidad estudiantil.

**AppInventor** es un entorno de desarrollo de *software* creado por *Google Labs* para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo *Android*, el AppInventor desarrolla el lenguaje de programación por bloques por ejemplo, añadir un botón, asignar el archivo de música para que al pulsarlo toque una canción, colocar bloques como disposiciones, voz de texto y otros. También se pueden realizar aplicaciones mucho más completas de un modo muy sencillo utilizando extensiones. El AppInventor es gratuito y está disponible para todo el mundo en <http://appinventor.mit.edu>. Funciona directamente sobre cualquier navegador de internet y sin necesidad de instalar nada, ni siquiera se necesita un teléfono, porque tiene su propio emulador donde se pueden hacer las pruebas pertinentes. Para el desarrollo de bloques no se necesita ningún lenguaje de programación solo se necesitan los fundamentos de programación básico (Raúl, 2015).

Para realizar una aplicación con *AppInventor* no es necesario escribir ninguna línea de código de cualquier lenguaje, ni realizar complejas configuraciones a nuestra computadora (Acosta, 2014).

*AppInventor* se divide en tres componentes básicos.

1. El diseñador
2. El editor de bloques
3. El emulador

## 1.- El diseñador

Contiene pantalla con un diseño de maquetación donde la aplicación puede estar al centro y sus componentes están en el lado izquierdo y propiedades en el lado derecho. Agregar los componentes a nuestra aplicación es tan sencillo como arrastrarlos y distribuirlos. Existe disponibles todo tipo de componentes que son capaces de interactuar con nuestro móvil, incluso accediendo a datos tan complejos como la cámara, voz texto, sensores para conexión arduino, GPS, sonidos entre otros. Ver figura 1. (INTEF, 2019)

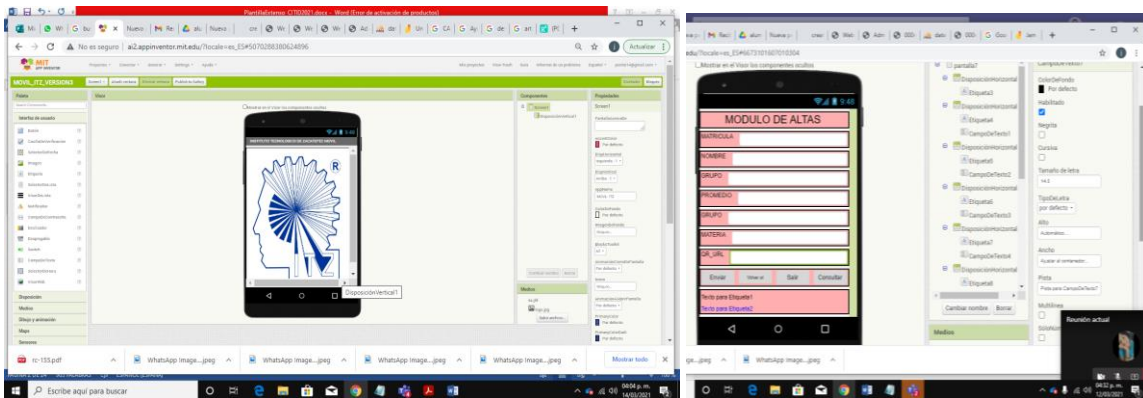


Fig.1. Diseño o Esquema mediante *AppInventor*.

## 2.- El editor de bloques

A continuación se presenta la parte lógica de los bloques, donde se refleja la programación móvil, los bloques se relacionan con el diseño para un buen funcionamiento. Ver Figura 2.

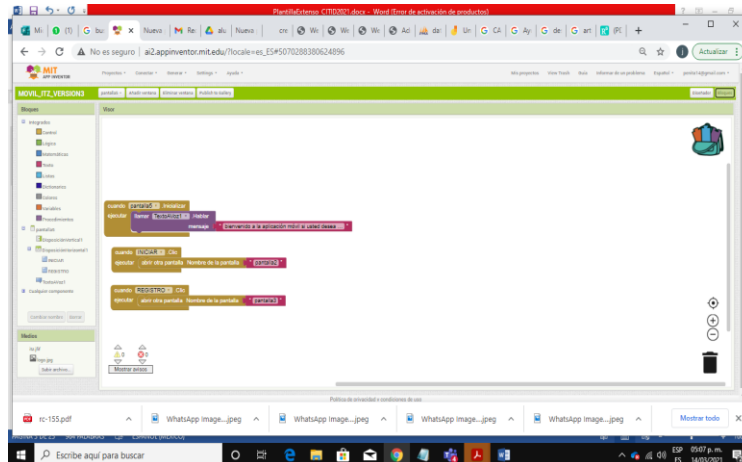


Fig. 2. Diagrama de bloques mediante AppInventor.

## 3.- El emulador

Primero se debe tener instalado el emulador en la barra de Windows o Mac. Y posteriormente se toma en cuenta AppInventor para ejecutar el emulador y presentar las aplicaciones con los cambios realizados. Ver figura 3. (<https://sites.google.com/site/appinventormegusta/instalacion/instalar-y-ejecutar-el-emulador-en-ai2>) (componente, 2020).

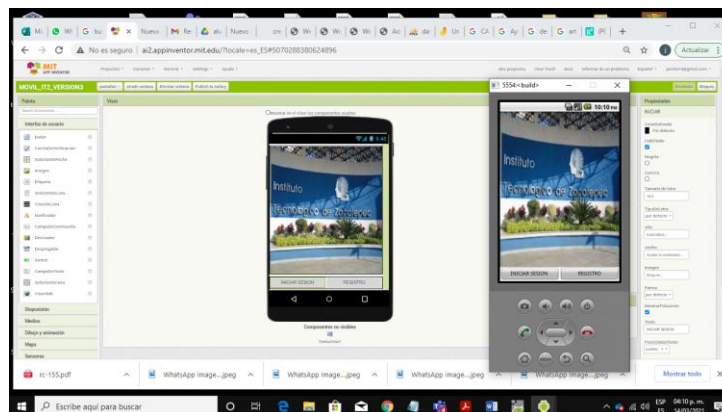


Fig.3. Emulador mediante AppInventor.

## Resultados y Discusión.

Para el desarrollo del servidor gratuito hosting se debe crear una cuenta (<https://www.000webhost.com/cpanel-login?from=panel>), y posteriormente se debe

proporcionar un dominio (<https://zacatepecitz12.000webhostapp.com/>) para hospedar (configurar, subir y bajar) los archivos de php en la programación móvil *AppInventor*, como se muestra en la figura 4 (componente, 2020).

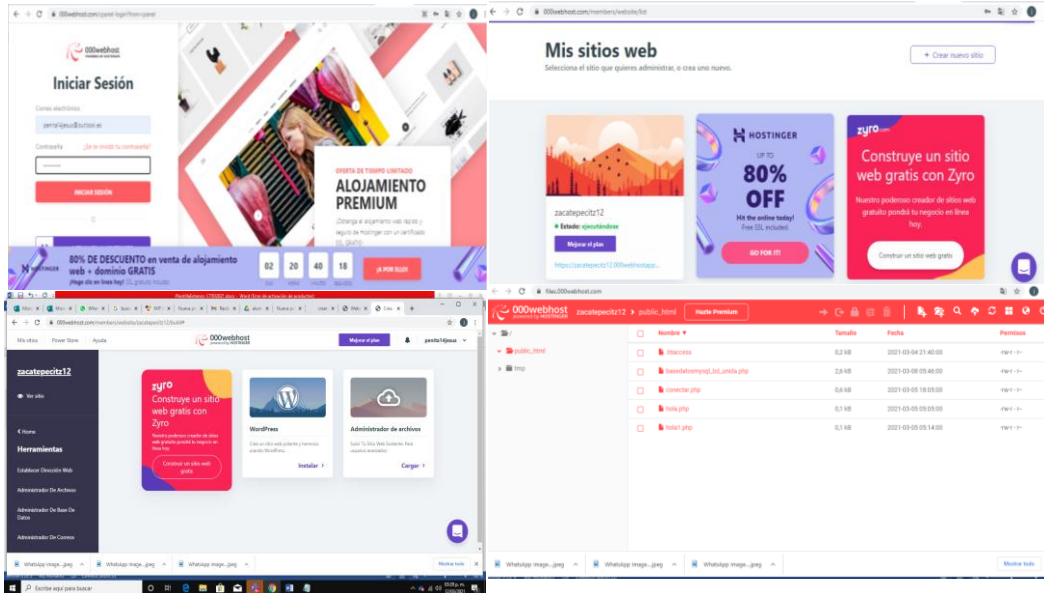


Fig.4. Servidor Hosting Gratuito.

El segundo servidor gratuito es el manejador de base de datos (MySQL), donde se permite administrar y configurar mediante *phpAdmin* teniendo como existencia una sola base de datos con sus tablas relacionadas entre sí mediante llaves primarias y secundarias con su diseño de vista relacional. Ver figura 5 (componente, 2020).

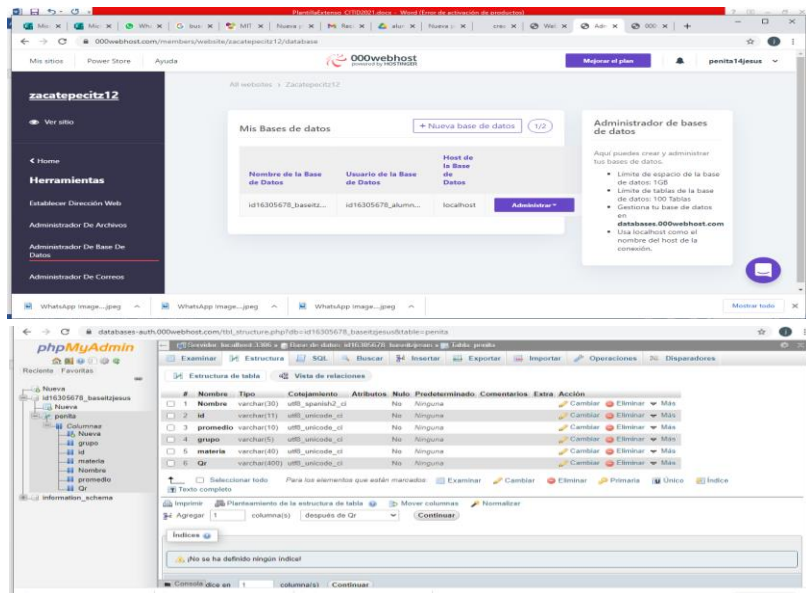


Fig. 5. Servidor MySQL Gratuito.



A continuación se presenta una aplicación móvil *web*, se debe crear una cuenta de usuario tanto para docentes como para estudiantes. Posteriormente se entra para iniciar sesión. Los usuarios son guardados en base de datos (firebaseDB1) que forma parte de la cuenta de *AppInventor* en la nube. Ver figura 6. (componente, 2020), (Menéndez, 2015).

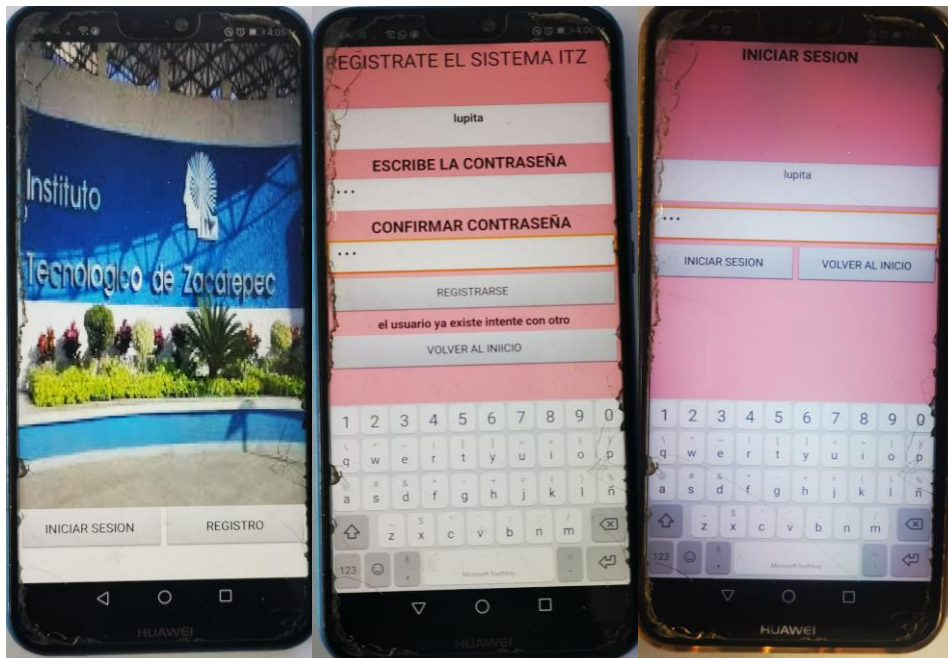


Fig. 6. Crear Cuentas de Usuarios e Iniciar Sesión.

Se permite iniciar sesión como docente o estudiante, si entra como docente la aplicación manipula los datos (altas, bajas, consultas, busca y actualizar) el servidor de *hostig*, mediante un manejador de *MySQL php*. ver figuras 7 y 8.



Fig. 7. Iniciar Sesión como Docente o Estudiante.

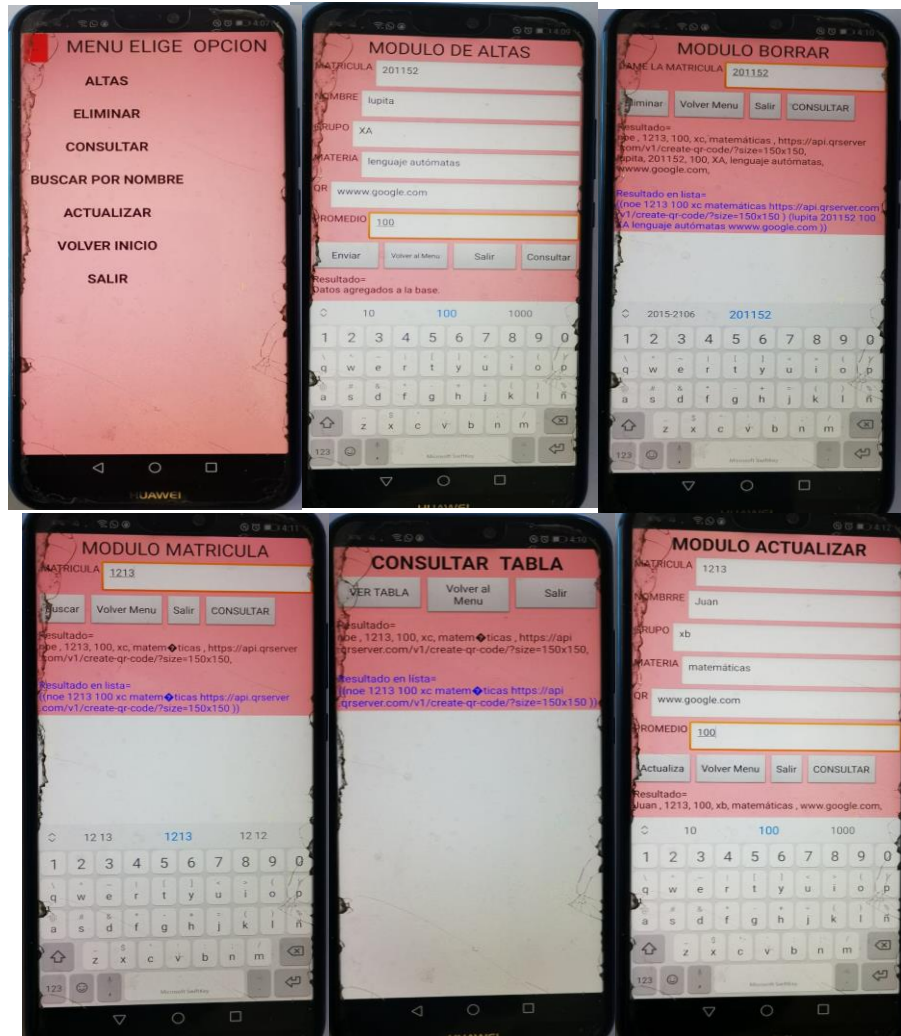


Fig. 8. Manipulación de Datos en la sesión Docente.

Pero si entra como estudiante la aplicación solo te permite consultar por tema o por semestre la calificación final, mediante una URL o en un campo específico de promedio. Ver figura 9.

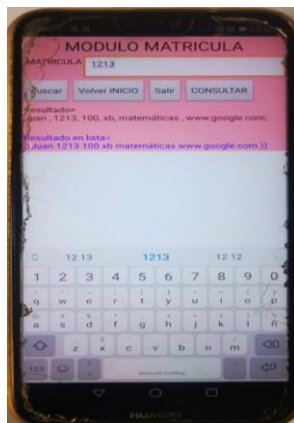


Fig. 9. Manipulación de Datos como Estudiante.

También se puede generar de forma manual el código QR para cada estudiante del itz(<https://api.qrserver.com/v1/create-qr-code/?size=150x150&data=>), añadiendo la Url del servidor drive de gmail, ver figura 10.

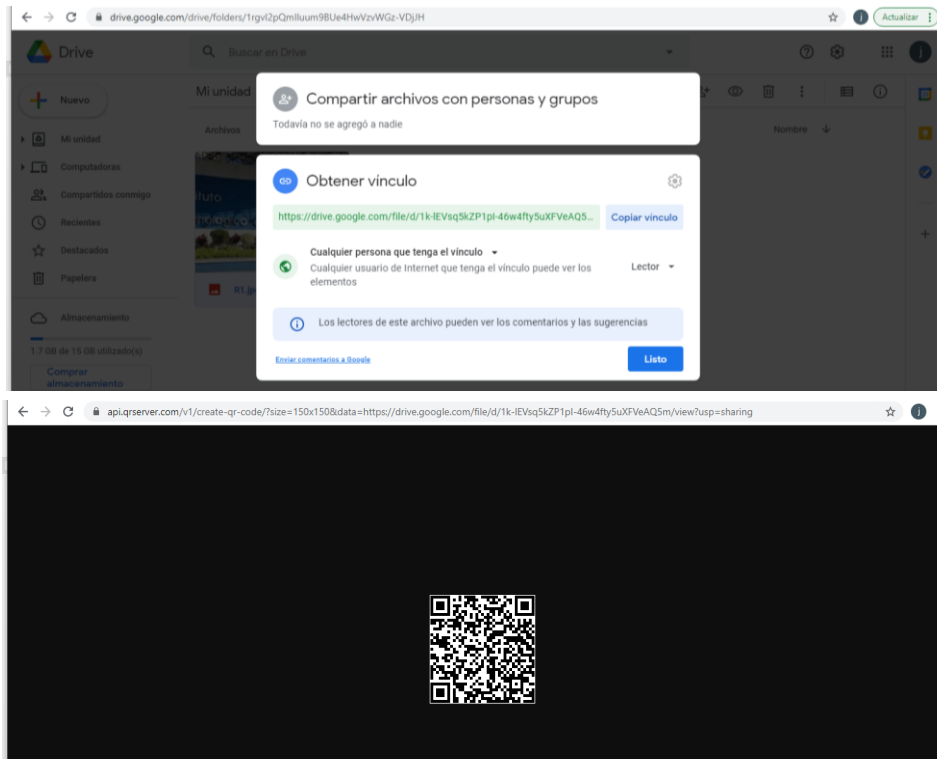


Fig. 10. Generación de QR de forma Manual.

La segunda aplicación web móvil manipulada por el estudiante permite realizar de forma individual el escaneo del código QR de cada estudiante inscrito en el Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZacatepec), para consultar por tema o por semestre su promedio, ver figura 11.



Fig. 11. Escanear QR de forma Manual por Estudiante.

La tercera aplicación web móvil manipulada por el docente permite realizar de forma individual y automática la creación de código QR para cada estudiante cursando en el ITZacatepec, para consultar por tema o por semestre su promedio final. A la vez, en ese momento él puede utilizar la cámara interna del google para escanear el QR dentro de las galerías como foto. Ver figura 12. (Acosta, 2014)

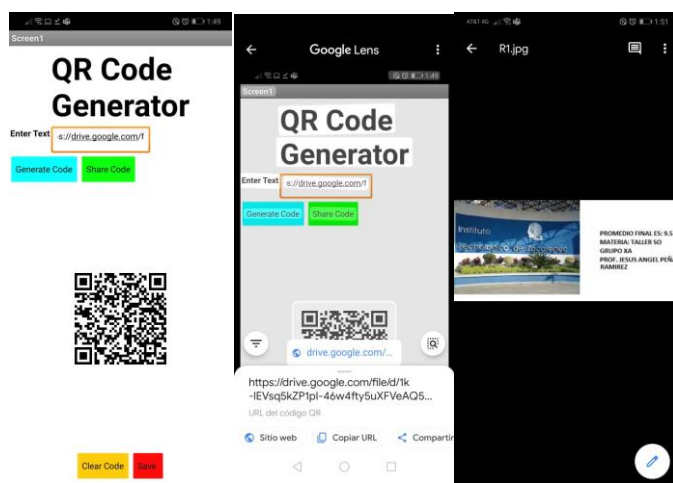


Fig. No.12 Escanear QR de forma Manual por Estudiante.

## Conclusiones.

En este artículo se mostraron tres aplicaciones móviles web, una es para acceder los tres servidores (Dominio, hospedaje de archivos en php y manejador MySQL), la segunda es para escanear los QR de cada estudiante para obtener su promedio mediante un sitio web, y por último, la tercera, es para generar por parte del docente la creación de código QR de forma automática.

## Referencias

1. Acosta, E. S. (febrero de 2014). *rincon de la ciencia researchgate.net*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/264501836\\_AppInventor\\_Programacion\\_para\\_moviles\\_al\\_alcance\\_de\\_todos](https://www.researchgate.net/publication/264501836_AppInventor_Programacion_para_moviles_al_alcance_de_todos)
2. componente, w. A. (Enero de 2020). *App Inventor y el componente web*. Obtenido de <https://puravidaapps.com/sendmailPHP.php>
3. INTEF, r. F. (Abril de 2019). *Creando aplicaciones para móviles Android appinventor 2*. Obtenido de <https://intef.es/wp-content/uploads/2019/03/MIT-App-Inventor-2.pdf>
4. Menéndez, F. A. (Abril de 2015). - *Revista de Educación Matemática*. Obtenido de [https://thales.cica.es/epsilon/sites/thales.cica.es.epsilon/files/\[field\\_volumen-formatted\]/epsilon91\\_6.pdf](https://thales.cica.es/epsilon/sites/thales.cica.es.epsilon/files/[field_volumen-formatted]/epsilon91_6.pdf)
5. Raúl, C. (Enero de 2015). *Creative Commons Atribución 4.0 Internacional*. Obtenido de <https://codeweek.eu/docs/spain/guia-iniciacion-app-inventor.pdf>

### Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## SISTEMA EN LÍNEA PARA LA GESTIÓN DE ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS (SIGUE)

**J. J. Saldívar-Trujillo<sup>1</sup>, J. Alba-Hernández<sup>1</sup>, M. A. Cerdán<sup>1</sup> y J. G. Reyes-Hernández<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa - [197002468@xalapa.tecnm.mx](mailto:197002468@xalapa.tecnm.mx), [jessecka.ah@xalapa.tecnm.mx](mailto:jessecka.ah@xalapa.tecnm.mx) y [angelica.cerdan@itsx.edu.mx](mailto:angelica.cerdan@itsx.edu.mx)

<sup>2</sup>Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa Sección 5a Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara 91096, Xalapa-Enríquez, Ver. - [167001529@itsx.edu.mx](mailto:167001529@itsx.edu.mx)

**Área de participación:** Aplicaciones en Entornos Web y Móvil

**Resumen:** El automóvil es una necesidad en el estilo de vida urbana, dadas los requerimientos de movilidad. Sin embargo, su uso genera una problemática relativa a la congestión vehicular y la búsqueda de lugar para estacionarse, misma que produce sobre circulación y a su vez más tráfico, afectando la calidad de vida, el medio ambiente y la economía de los ciudadanos. Los establecimientos de estacionamiento privado cubren buena parte de la demanda y presentan diversas necesidades en su administración, lo que requiere inversión y una mejora en su control. Por lo que ante la oportunidad de generar una plataforma en línea para gestionar estos establecimientos que mejore lo existente en el mercado, se aplican técnicas de *benchmarking* a 15 productos del mercado y se genera la matriz Posición Estratégica y Evaluación de la Acción (PEYEA), además de realizarse estudios de necesidades en propietarios y automovilistas, para definir los problemas y objetivos de negocio que determinen el concepto del producto, buscando identificar una estrategia competitiva y segmentando la competencia. Con esta base se ha desarrollado un prototipo, verificándose con un resultado satisfactorio calificado con un 87% en la calidad de la especificación de requisitos, por los medios utilizados.

### Introducción.

En las áreas urbanas se ha incrementado el uso de vehículos particulares, debido principalmente, a la necesidad de desplazamiento. En México, para marzo del 2020 se contaba con casi 48 millones de vehículos de motor registrados en circulación (INEGI, 2020), además, de 1990 a 2017 el parque vehicular creció a una tasa 4.8% mayor que



la población (IMCO, 2019). La concentración de instituciones, centros de trabajo y áreas comerciales, deriva en tráfico y dificultades para encontrar estacionamiento en zonas específicas, lo que afecta la calidad de vida y la economía de los ciudadanos. Se estiman 69,000 millones pesos por pérdidas en ingreso anual, debido a la congestión vehicular en las capitales del país (IMCO, 2019).

Las alternativas para aparcar van desde el espacio público en la calle, hasta estacionamientos privados y públicos (lugares de renta), estos espacios tienen importante representatividad dentro de la infraestructura urbana. Sólo en la Ciudad de México entre 2008 y 2013, de los 16 millones de m<sup>2</sup> en desarrollos inmobiliarios, el 42% se destinaron a espacio para estacionar (Alarcón, 2019). Sin embargo, no siempre la solución es contar con más cajones de estacionamiento (Sañudo, et. al, 2014), debe mejorarse el transporte público y también la eficiencia en el uso de los espacios disponibles (Rebolledo, 2016).

Rentar espacios para estacionarse requiere inversión en acondicionamiento y operación, sin embargo, es un giro rentable. Desarrolladoras inmobiliarias como Danhos, ingresó 497 millones en 2018, por este concepto, y según Fibra Uno, esta actividad se ubica entre los 10 primeros ingresos de sus inquilinos de rentas fijas al año (Valle, 2017).

Para operar, su administración puede incluir desde esquemas automatizados, semi-automatizados o manuales, donde los propietarios lidian no sólo con el control de sus encargados, sino con las quejas de los usuarios. Además, hoy son sujetos a nuevas reglas debido a las restricciones derivadas de la pandemia de COVID-19, como la suspensión del *Valet Parking* (Gobierno de México, 2020).

Así, se identifica la oportunidad de proponer una plataforma web que implemente un Software como servicio (SaaS, por sus siglas en inglés *Software as a Service*) para la gestión de estacionamientos, que no sólo cubra las necesidades de gestión básica, sino que atienda aspectos no considerados, tanto para los propietarios y encargados, como para los automovilistas. Dado que se pretende el desarrollo de una plataforma genérica que entrará en un mercado pre-existente, los requisitos no atienden necesidades de un cliente específico, debiendo además identificar valores agregados que posicionen el nuevo producto software, por lo que, en este trabajo se ejemplifican técnicas para establecer los requisitos bajo este escenario.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para el análisis de competencia se aplica un *benchmarking*, recuperando las mejores prácticas para su asimilación. La búsqueda de competidores se realizó a través de la identificación en línea de oferta, aplicándose 3 criterios de calidad: fecha de actualización del sitio (no mayor a 5 años), presentación de ubicación (existente) y datos de contacto (verificables). Se diseñaron 6 marcadores para la comparación del dominio del automovilista/cliente y 7 marcadores para el dominio propietario/administrador (Tabla 1).

Tabla 1.- Marcadores considerados en el *Benchmarking*.

Dominio del Automovilista/Cliente		Dominio Propietario/Encargado	
Marcador	Sub-Marcador	Marcador	Sub-Marcador
Plataformas móviles disponibles	IOS Android	Tipo de pago	Pago por uso Paquetes diferenciados

Plataformas de escritorio	Windows MAC Linux y otros	Seguridad	
Indicadores de lugares disponibles		Soporte y monitoreo del SaaS	Auditoría y logs Monitoreo Soporte
Reservaciones de espacio		Tolerancia a fallos	Gestión de desastres
Formas de pago disponibles	Terminales Transacción bancaria	Confiabilidad operacional	Apego al flujo Interoperabilidad Usabilidad Notificaciones Personalización Almacenamiento
Alertas			
Enfoque de la aplicación	Privado y oficinas Público Condominios/escuelas Vialidades públicas		
Administración del tiempo de uso			
Control de entradas y salidas			
Informes de ocupación			
Detección e identificación de vehículos			
Reservaciones	Página web Aplicación móvil Pensión Asignado		
Formas de pago	Terminales Transacción bancaria		

Igualmente se adicionaron 5 marcadores relacionados con factores de confiabilidad del Software como servicio (Tabla 2), basados en (Vidhyalakshmi y Kumar, 2017).

**Tabla 2.-** Marcadores adicionales de confiabilidad del SaaS.

<b>Dominio</b>	<b>Marcador</b>	<b>Sub-Marcador</b>
Confiabilidad del SaaS	Tipo de pago	Pago por uso Paquetes diferenciados
	Seguridad	
	Soporte y monitoreo del SaaS	Auditoría y logs Monitoreo Soporte
	Tolerancia a fallos	Gestión de desastres
	Confiabilidad operacional	Apego al flujo de trabajo Interoperabilidad Usabilidad Notificaciones Personalización Almacenamiento de datos

Los marcadores se han clasificado en cuatro aspectos, indicándose el Número de Características Requeridas por el Cliente (NCR):

- (FF) Fuerza Financiera, del SaaS, como producto comercial (2 NCR).
- (VC) Ventaja Competitiva, como producto software (14 NCR).
- (FI) Fuerza de la Industria, como servicio en la nube (5 NCR).
- (EA) Estabilidad del Ambiente, como plataforma en la nube (6 NCR).

El cumplimiento de cada producto analizado se calcula por el nivel de confiabilidad, utilizando la Fórmula (1) propuesta por (Vidhyalakshmi y Kumar, 2017), para evaluar los competidores en cada aspecto (FF, VC, FI y EA).

$$NC = \frac{NCOP}{NCRC} \quad (1)$$

Donde:  
NC = Nivel de confiabilidad del SaaS.  
NCOP = Número de características ofrecidas por el producto.  
NCRC = Numero de características requeridas por el cliente.

Esto permite la generación de una matriz de Posición Estratégica y Evaluación de la Acción (PEYEA) (Burgos Baena, 2017), cuyos cuadrantes representan los tipos de estrategia: agresiva, conservadora, defensiva o competitiva. Los ejes integran dimensiones internas (FF y VC) y dimensiones externas (EA y FI), valoradas en una escala de +1 (peor) a +6 (mejor) para FF y FI, y, -1 (mejor) a -6 (peor) para VC y EA. Donde los ejes se calculan con las Fórmulas 2 y 3.

$$X= FI+VC \quad (2)$$

$$Y=FF+EZ \quad (3)$$

Para el análisis de la demanda o necesidades, se realizó una encuesta acotada a la ciudad de Xalapa, Veracruz, donde según el INEGI (2019), se tiene un parque vehicular de 149,616 automóviles, población de estudio considerando automovilistas uno a uno, así dada una heterogeneidad del 50%, un margen de error del 5.6% y un nivel de confianza del 95%, se trató una muestra requerida de 306 respuestas, según (“Netquest - Statistical Calculators,” n.d.), considerando una heterogeneidad del 50% y un margen de error de 5.6%.

El cuestionario aplicado incluyó, 4 apartados: generales del automovilista, uso del estacionamiento uso de aplicaciones, y, características deseables. Además, se aplicaron 3 entrevistas, con una guía estructurada consistente en 27 cuestionamientos, entre propietarios de estacionamientos. Con la información obtenida se elaboró un diagrama de problemas y objetivos de negocio, para derivar el concepto del producto, así como, un árbol de características para detallarlo y una lista de cotejo para su verificación (Wieggers y Beatty, 2013). Posterior al modelado, se produjo el prototipo, que permitió la verificación de los requisitos establecidos.

## Resultados y Discusión.

Como resultado de la búsqueda se identificaron 25 empresas, quedando 15 productos después de la aplicación del filtro de calidad (Tabla 3a), adicionándose el producto 16 como la propuesta realizada. Todos fueron evaluados por los marcadores de las Tablas 1 y 2, resultando la Tabla 3b.

**Tabla 3.-** (a) Relación de software a evaluar y (b) Comparativo de la muestra.

(a)		(b)															
#	Características/Productos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	iPark																
2	Skidata																
3	ParkingBOXX																
4	idpark																
5	4Parklite																
6	Parking Boss																
7	EstacionaMX																
8	smartParking																
9	TIBA PARKING SYSTEM																
10	Park Admin																
11	BePark Parking Management Platform																
12	Parkit																
13	BALLPARC ENFORCEMENT																
14	GLIDEPARCS																
15	PASSPORT																
		<b>(FF) FUERZA FINANCIERA (como producto comercial)</b>															
1	Pago por uso	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Paquetes diferenciados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		<b>(VC) VENTAJA COMPETITIVA (como producto de software)</b>															
		<b>CLIENTES</b>															
3	Indicador de lugares disponibles	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Reservación de espacio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Pago a través de máquinas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Pago por transacciones bancarias	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Alertas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		<b>ADMINISTRADOR</b>															
8	Flexibilidad en el perfil de los clientes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Administración de tiempo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	Control de entradas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	Informe de ocupación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	Detección e identificación de vehículos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	Reservación por web	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	Reservación por móvil	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	Pensión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	Asignado por puesto de trabajo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		<b>(FI) FUERZA DE LA INDUSTRIA (como servicio en la nube)</b>															
17	SEGURIDAD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		<b>SOPORTE Y MONITOREO</b>															

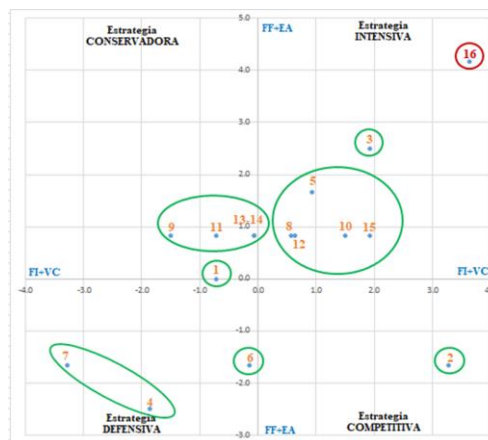
Con los conteos de marcadores se obtuvo el NCOP por producto/dimensión PEYEA y global (Tabla 4a), y aplicando la Fórmula (1) se generaron los NC (Tabla 4b).

**Tabla 4.-** (a) NCOP y (b) Nivel de confiabilidad por Dimensión PEYEA.

(a)						(b)					
No.	FI-NCOP	VC-NCOP	FF-NCOP	EA-NCOP	NCOP Global	No.	FF-NC	VC-NC	FI-NC	EA-NC	NC Global
1	0	12	1	3	16	1	0.50	0.86	0.00	0.50	0.59
2	4	12	0	4	20	2	0.00	0.86	0.80	0.67	0.74
3	3	11	1	6	21	3	0.50	0.79	0.60	1.00	0.78
4	1	6	1	0	8	4	0.50	0.43	0.20	0.00	0.30
5	2	11	1	5	19	5	0.50	0.79	0.40	0.83	0.70
6	2	8	0	4	14	6	0.00	0.57	0.40	0.67	0.52
7	1	2	1	1	5	7	0.50	0.14	0.20	0.17	0.19
8	1	13	1	4	19	8	0.50	0.93	0.20	0.67	0.70
9	1	7	1	4	13	9	0.50	0.50	0.20	0.67	0.48
10	4	7	1	4	16	10	0.50	0.50	0.80	0.67	0.59
11	0	12	1	4	17	11	0.50	0.86	0.00	0.67	0.63
12	2	10	1	4	17	12	0.50	0.71	0.40	0.67	0.63
13	1	11	1	4	17	13	0.50	0.79	0.20	0.67	0.63
14	1	11	1	4	17	14	0.50	0.79	0.20	0.67	0.63
15	3	11	1	4	19	15	0.50	0.79	0.60	0.67	0.70
16	4	13	2	5	24	16	1.00	0.93	0.80	0.83	0.89

Contando con los niveles de confiabilidad por dimensión PEYEA, se realizó el ajuste por escala, dado que la confiabilidad está dada en una escala de 0 a 1, y, para FF y FI de 1 a 6; y para, VC y EA de -1 a -6 (Figura 1a). Para finalmente, calcular las coordenadas y obtener la matriz PEYEA (Figura 1b).

No.	FI	VC	X=FI+VC	FF	EA	Y=FF+EA
1	1	-1.71	-0.7	3.5	-3.50	0.0
2	5	-1.71	3.3	1	-2.67	-1.7
3	4	-2.07	1.9	3.5	-1.00	2.5
4	2	-3.86	-1.9	3.5	-6.00	-2.5
5	3	-2.07	0.9	3.5	-1.83	1.7
6	3	-3.14	-0.1	1	-2.67	-1.7
7	2	-5.29	-3.3	3.5	-5.17	-1.7
8	2	-1.36	0.64	3.5	-2.67	0.8
9	2	-3.50	-1.5	3.5	-2.67	0.8
10	5	-3.50	1.5	3.5	-2.67	0.8
11	1	-1.71	-0.7	3.5	-2.67	0.8
12	3	-2.43	0.57	3.5	-2.67	0.8
13	2	-2.07	-0.1	3.5	-2.67	0.8
14	2	-2.07	-0.1	3.5	-2.67	0.8
15	4	-2.07	1.9	3.5	-2.67	0.8
16	5	-1.36	3.6	6	-1.83	4.2



Zacatepec,  
Morelos, México

(a) (b)

Figura 1.- (a) Cálculo de coordenadas y (b) Matriz PEYEA.

Podemos observar en la Figura 1b que la propuesta realizada (16), se posiciona en el cuadrante de estrategia intensiva, aun cuando el uso de pago por máquinas, personalización y tolerancia a fallos, se han excluido, pensando en un nicho de mercado que no tenga como requisito equipamiento adicional. De identifican 6 productos (3, 5, 8, 10, 12 y 15) que deberán mantenerse bajo vigilancia tecnológica. Con base a la encuesta aplicada a automovilistas, se trató una muestra donde la mayoría son hombres, en rango de edad entre los 18 a 40 años, predominando el uso de auto sedán, que ocupan estacionamientos públicos de paga (92%) de manera ocasional por 4 veces al mes en un promedio de 2 horas, según refirieron. Los criterios de selección de estacionamiento identificados, fueron: por la cercanía a su destino (252), facilidad de acceso (131) y salida (100), así como el precio (93). Con base a las entrevistas realizadas entre propietarios de estacionamientos, se identifican 3 problemas principales: la vigilancia de ingresos económicos, los reclamos por robos y daños en los automóviles. Los resultados de ambos estudios, permitieron identificar 10 problemas de negocio, derivándose 7 objetivos de negocio y 20 características para el concepto del producto (Figura 2).

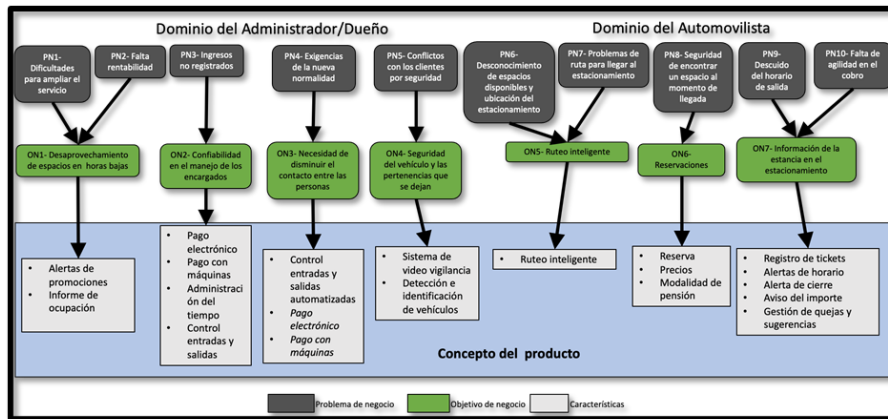


Figura 2.- Modelo de objetivos de negocio.

Con estos resultados se completó el concepto funcional que se plasma en un árbol de características que se muestra en la Figura 3.

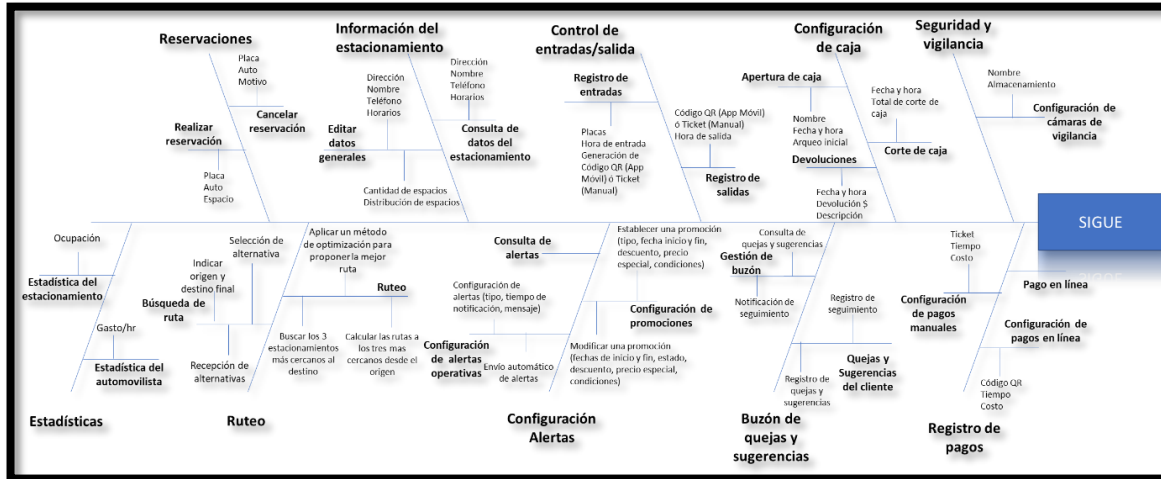
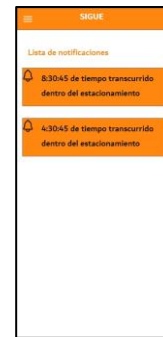
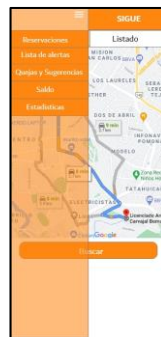
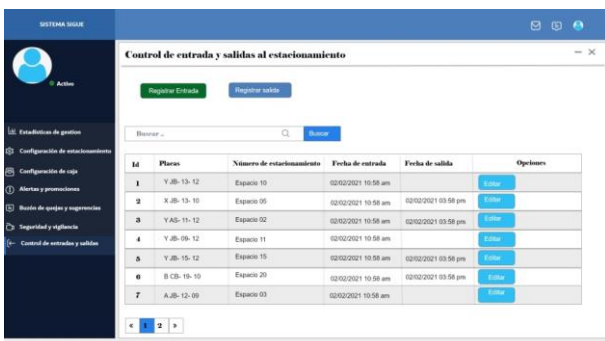
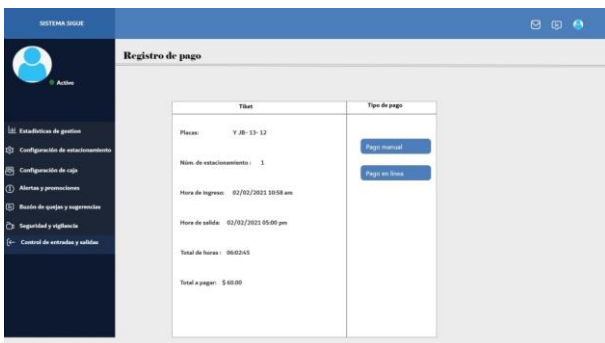


Figura 3.- Árbol de características.

En la Figura 4, se presentan los prototipos de algunas interfaces de usuario correspondientes a SIGUE, para la versión web y la aplicación móvil. Los requisitos fueron verificados, teniendo como resultado una aceptabilidad del 70% en cuanto a completitud, 100% en precisión, 75% en cuanto a calidad y 100% en organización y trazabilidad. Esto es, una calificación promedio de 87%.





(a)

(b)

**Figura 4.** Interfaces representativas de los prototipos web (a) móvil (b).

## Conclusiones.

El *benchmarking* y la matriz PEYEA demostraron su utilidad para identificar requisitos y definir una estrategia para la plataforma de software propuesta, en su posicionamiento de mercado. Los métodos permitieron realizar un proceso formal para evitar el fracaso en el desarrollo de software genérico a un dominio en específico.

SIGUE, se define como una propuesta interesante al dominio de los estacionamientos públicos, al incluir estrategias como la reservación de espacios, configuración de alertas, solicitud de reportes relacionados con el uso del estacionamiento, entre otros. Adicional a los beneficios operativos en los estacionamientos, se espera que el uso de SIGUE ayude a la disminución de tráfico en zonas importantes de las áreas urbanas, y por ende, se obtengan beneficios ambientales, dado que la aplicación móvil fungirá como sistema de guía por medio de inteligencia artificial.

A futuro se considera continuar en el dominio de los estacionamientos, observando otros usuarios para definir una Línea de Productos de Software (LPS), con el objetivo de contar con un portafolio adaptable a las necesidades variantes de los estacionamientos al considerar diferentes requisitos y problemáticas, y además, incorporando una gama de sistemas de automatización a diferentes escalas, para su adaptación a otros entornos operativos.

## Agradecimientos.

El primer autor agradece al CONACyT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, por el financiamiento en el programa de Becas Nacionales 2019-000037-02NACF-01826.

## Referencias

1. Alarcón, G. (18 de octubre de 2016). *El peso de los estacionamientos*. IMCO-Centro de Investigación en Política Pública. Recuperado de: <https://imco.org.mx/el-peso-de-los-estacionamientos/>
2. Burgos Bahena, A. (2017). Matriz PEYEA. Recuperado de: [http://www.xprtraining.com/planificacion\\_estrategica/matriz\\_peyea.html](http://www.xprtraining.com/planificacion_estrategica/matriz_peyea.html)
3. Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) (2019). *Índice de movilidad urbana*. Recuperado de <https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2019/01/I%CC%81ndice-de-Movilidad-Urbana.pdf>

4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). *Vehículos de motor registrados en circulación [WEB]*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/>
5. Rebolledo, R. A. (20 de octubre de 2016). 5 datos del problema de los estacionamientos en la CDMX. *El Economista*. Recuperado de: <https://www.economista.com.mx/politica/5-datos-del-problema-de-los-estacionamientos-en-la-CDMX-20161020-0137.html>
6. Sañudo, A., Kodransky, M., Millard-Ball, A., González, J., Patlán, N., Fernandez, S., Amador, I. y Gutiérrez, F. (2014). Menos Cajones, más ciudad. El estacionamiento en la Ciudad de México. Cd. México: Embajada Británica en México y el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo de México.
7. Valle, A. (17 de julio de 2017). El negocio de tener estacionamientos. *Expansión*. Recuperado de: <https://expansion.mx/empresas/2017/07/17/el-negocio-de-tener-estacionamientos>
8. Vidhyalakshmi, R., y Kumar, V. (2017). CORE framework for evaluating the reliability of SaaS products. *Future Generation Computer Systems*, 72, 23–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2017.02.039>
9. Wiegers, K. y Beatty, J. (2013). *Software requirements*. Redmond, Washington: Christian Holdener, S4 Carlisle Publishing Services.

### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## **SISTEMA ON-LINE PARA GESTIÓN DEL TRABAJO COLABORATIVO EN CUERPOS ACADÉMICOS, VALIDADO POR PRUEBAS BASADAS EN ESTADOS**

**M. A. Cerdán<sup>1</sup>, M. P. Ralero-de-la-Mora<sup>1</sup>, A. Rodríguez-Fuentes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa - [angelica.cerdan@itsx.edu.mx](mailto:angelica.cerdan@itsx.edu.mx) y [manuel.rm@xalapa.tecnm.mx](mailto:manuel.rm@xalapa.tecnm.mx) <sup>2</sup>Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa Sección 5ª. Reserva Territorial S/N, Col. Santa Bárbara 91096, Xalapa-Enríquez, Ver.- [157001636@itsx.edu.mx](mailto:157001636@itsx.edu.mx)

**Área de participación:** Aplicaciones en Entornos Web y Móvil

**Resumen:** Los Cuerpos Académicos son grupos de profesores que cultivan líneas de investigaciones comunes, creados con la finalidad de incentivar la generación y aplicación del conocimiento en las Instituciones de Educación Superior en México. Estos colegiados deben gestionar el trabajo colaborativo y las evidencias del mismo, lo que incrementa la carga administrativa a los integrantes, que deben también atender: clases, proyectos y actividades de difusión y divulgación. Por lo que, con la finalidad de mejorar el control y facilitar la operación, se propone (SAyA) Sistema para gestión de Actas y Acuerdos, software web bajo diseño responsivo, cuya finalidad es dar seguimiento a las reuniones, planes y acuerdos de los Cuerpos Académicos, manteniendo a los miembros y colaboradores permanentemente informados a través de notificaciones, permitiendo a su vez, el control documental de evidencias. Este proyecto se ha desarrollado aplicando la Ingeniería de Software y se ha validado por medio de pruebas basadas en una técnica de diseño temprano, donde los conjuntos de casos de prueba se establecen con base a la especificación de los objetos relevantes a controlar por el sistema. Este desarrollo logra evidenciar los beneficios del uso de la técnica de pruebas tempranas basadas en estados, en la validación de los requisitos.

### **Introducción.**

Los colegiados académicos que se integran en las Instituciones de Educación Superior (IES), cubren diferentes finalidades en la gestión académica, ya sea de forma permanente para colaborar en la conducción de los procesos educativos y su implementación, como las academias o consejos técnicos; de forma temporal determinada por una encomienda, como lo son las comisiones de actualización de planes y programas; o incluso, aquéllos que se integran de forma voluntaria y se conforman como equipos auto-dirigidos orientados a la investigación, como los Cuerpos Académicos. Sea cual fuere su naturaleza, los colegiados enfrentan retos de organización, control y compromiso, ya que combinan la actividad primaria de docencia, investigación y extensión de la cultura, con otras relativas a la gestión (Barraza-Barraza y Barraza-Soto, 2014). Por lo que, un sistema web que permita la automatización del control de planes de trabajo, reuniones y acuerdos, adicionando las ventajas de notificaciones y el uso de móviles, permite hacer copartícipes a los miembros y colaboradores, sobre la gestión del trabajo colectivo. Esto, dando cobertura a la gestión del ciclo de vida del conocimiento, que integra: el control de versiones y revisiones, registros de acceso, itinerario de aprobación e incorporación de anotaciones y comentarios; permitiendo la Cadena de Transformación de la Información, de los datos a la acción productiva (Paniagua Coord., 2007).

Los sistemas de gestión administrativa-académica, poseen un fuerte componente transaccional, que debe procurar la consistencia de la información y controlar los estados por los cuales transitan los objetos a los que se pretende dar seguimiento, mismos que son modificados por el colectivo a través de las acciones realizadas vía web o por acceso móvil. Así, uno de los objetivos más importantes relacionados a la calidad del sistema a desarrollar, es validar el cumplimiento de este comportamiento esperado.

Para ello y como parte de la ingeniería del software, en este proyecto se ha implementado la técnica de pruebas basadas en estados, propuesta en el estándar internacional ISO/IEC/IEEE 29119-4:2015. *Software and systems engineering—Software testing—Part 4: Test techniques*. Lo que ha permitido demostrar la aplicación y utilidad de esta

estrategia de diseño de casos de prueba basada en especificación, en los procesos de validación y aceptación de este tipo software.

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

Para el proceso de desarrollo se toma como referente el estándar ISO/IEC/IEEE 12207:2017 *International Standard - Systems and software engineering -- Software life cycle processes*, que provee un marco de trabajo con procesos específicos, de los cuales se han incorporado al proyecto, los siguientes:

- 6.4.3 Proceso de definición de requisitos de sistemas/software.
- 6.4.5 Proceso de definición del diseño.
- 6.4.7 Proceso de implementación (construcción).
- 6.4.9 Proceso de verificación (dinámica).

Considerando que la verificación y validación son procesos de gestión de calidad en la ingeniería que buscan asegurar que un sistema, software o hardware, cumple con el cometido para el que es elaborado (IEEE, 2016), se propone la ejecución de pruebas tempranas, que son aquéllas que se pueden iniciar desde las primeras etapas del ciclo de vida (ISTQB, 2018).

Ya que las pruebas pueden diseñarse con base a la especificación, la estructura o la experiencia, se consideran las basadas en la especificación para realizar su diseño desde las primeras etapas del desarrollo (IEEE, 2015). Se adopta la técnica de prueba de transición de estados, que usa el modelo de estados que se define sobre algún objeto relevante del sistema, para validar el cumplimiento de las distintas transiciones que pueden presentarse. Al basarse en un modelo claramente discreto, este tipo de pruebas permite definir un conjunto finito de casos, sobre el cual se puede determinar un grado de cobertura cuantificable como criterio para la aceptación del sistema (Farrel-Vinay, 2008).

Para esto, se aplica el proceso de diseño e implementación de pruebas del estándar ISO/IEC/IEEE 29119-2 (IEEE, 2013) (Figura 1), que presenta los pasos a seguir (TDM).

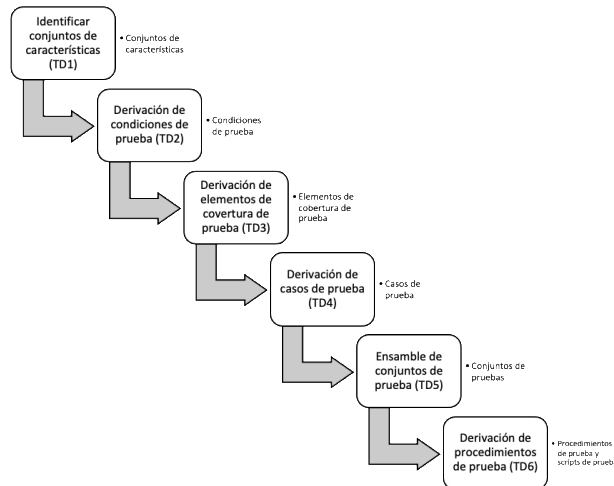


Figura 1.- Procesos de diseño e implementación de prueba (IEEE, 2013).

## Resultados y Discusión.

Derivado de la elicitación de requisitos de SayA, se definió como su objetivo general, permitir la gestión de la agenda de trabajo y los documentos relacionados a los Cuerpos Académicos (CA) en Instituciones de Educación Superior, para mejorar el control de acuerdos y la comunicación entre los integrantes. En el análisis de requisitos se elaboraron el mapa de los problemas (PN) y objetivos negocio (ON), así como el diagrama de contexto del sistema, donde SayA se identifica como SIP-DOCS (Wieggers y Beatty, 2013), tal como se presenta en la figura 2a y b.

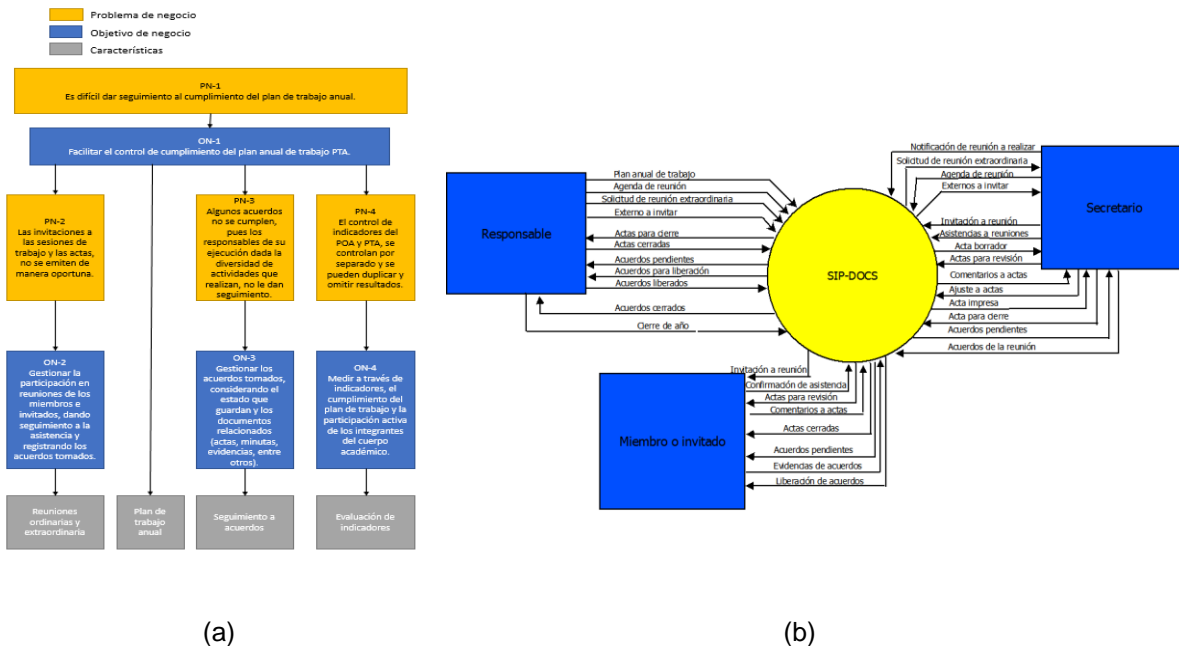


Figura 2.- (a) Modelo de objetivos de negocio y (b) Diagrama de contexto de SayA.

Se han identificado 4 principales actores del sistema, con sus funciones respectivas:

- **Responsable del CA:** Representante registrado ante la Secretaría de Educación Pública, quien coordina e integra las evidencias para el Cuerpo Académico.
- **Secretario del CA:** Miembro/colaborar nombrado, quien es responsable de llevar el control actas y acuerdos pendientes.
- **Miembros de CA:** Integrantes que colaboran de manera formal en los CA, reportando su productividad y ligándola en los sistemas que para ello se requieran.
- **Otros (invitados):** Invitados externos que no pertenecen formalmente al CA y que participan eventualmente en reuniones, careciendo de voto.

Se determinada que el sistema contará con tres *front*: Presidente, Secretario y Colaboradores/Invitados. La navegación propuesta para el sistema se puede apreciar en la Figura 3, donde se presenta el flujo del *front* respectivo al Presidente del CA (FP), que es el de mayor cobertura funcional.

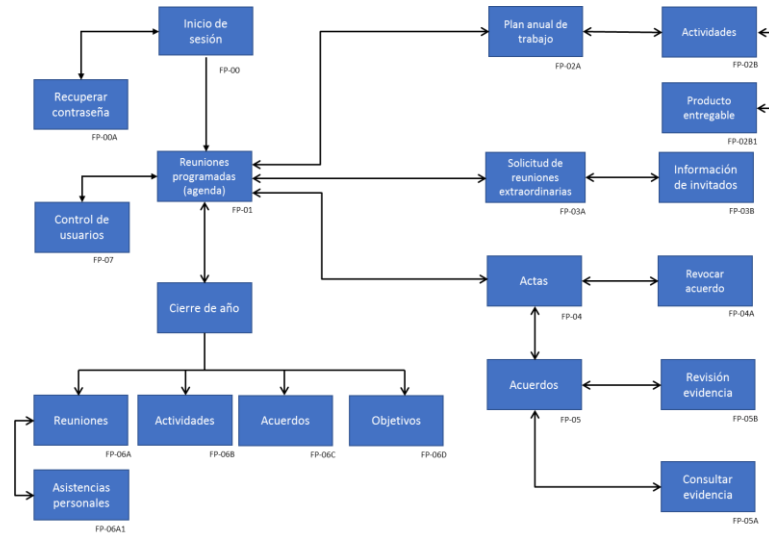
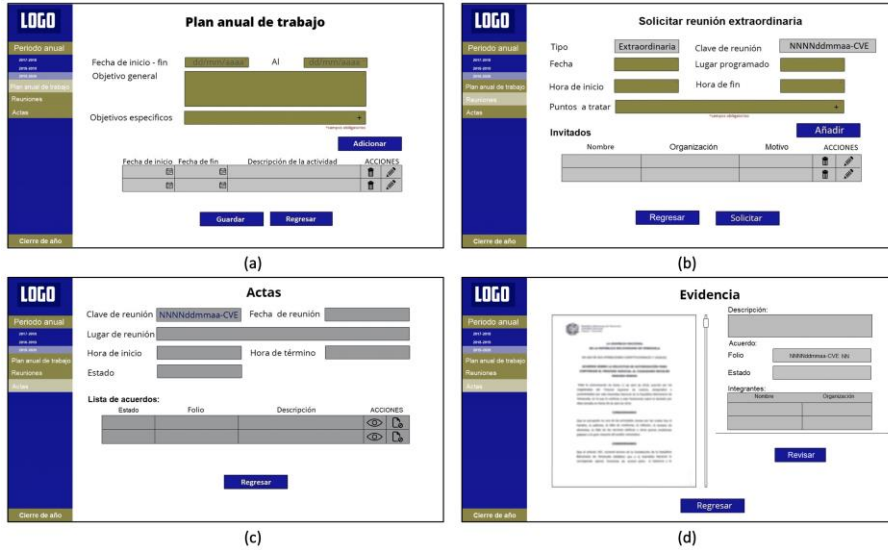


Figura 3.- Diagrama a bloques del flujo de pantallas de SAsA-Front Presidente.

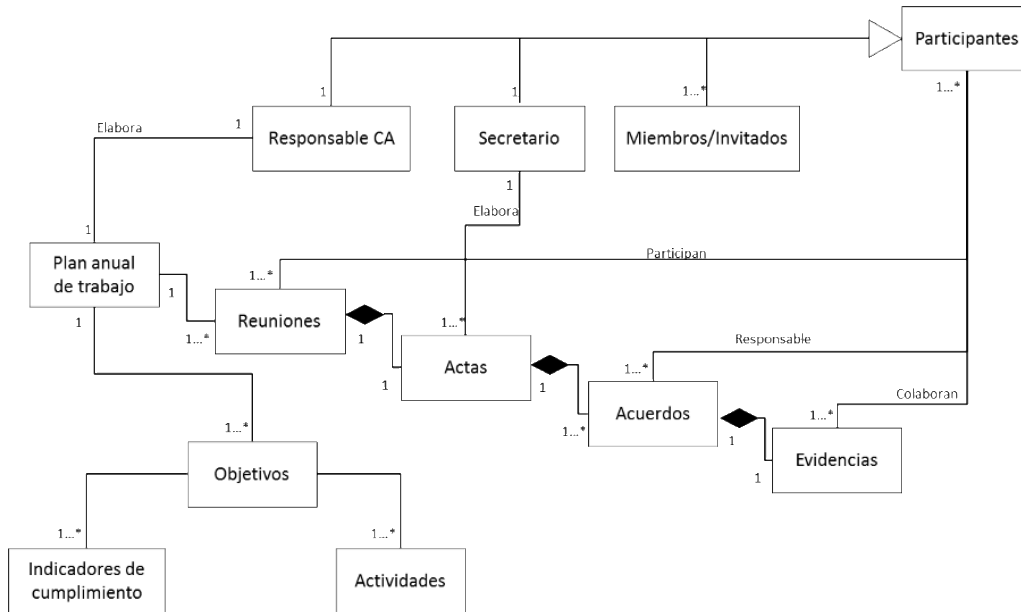
En la Figura 4a, b, c y d, se ejemplifican algunas de las interfaces del sistema.





**Figura 4.-** (a) Registro del plan anual de trabajo, (b) Solicitudes de reuniones extraordinarias, (c) Acceso a actas del período, (d) Consulta de evidencias de acuerdos.

De igual forma se realizó el modelo de dominio (Figura 5), mismo que se complementó con un diccionario detallado de datos, sentándose el fundamento para el diseño relacional de la base de datos.



**Figura 5.-** Modelo de dominio del sistema SAyA.

Con esta base se procedió con el diseño temprano de la prueba basada en estados, aplicando el proceso indicado en la Figura 1, con los siguientes resultados en apego a los propuesto por el estándar internacional (IEEE, 2015).

**PASO 1: Identificación de conjuntos de características (TD1).** (FS=Feature Set) Objetos a controlar por estados en el sistema.

- FS1: Reuniones. Este FS será tomado como ejemplo.
- FS2: Actas.
- FS3: Acuerdos.

**PASO 2: Derivación de condiciones de prueba (TD2).** Identificar de estados (S) y transiciones bajo notación (*Input/Output*). Ejemplo del FS1, en la Figura 6.

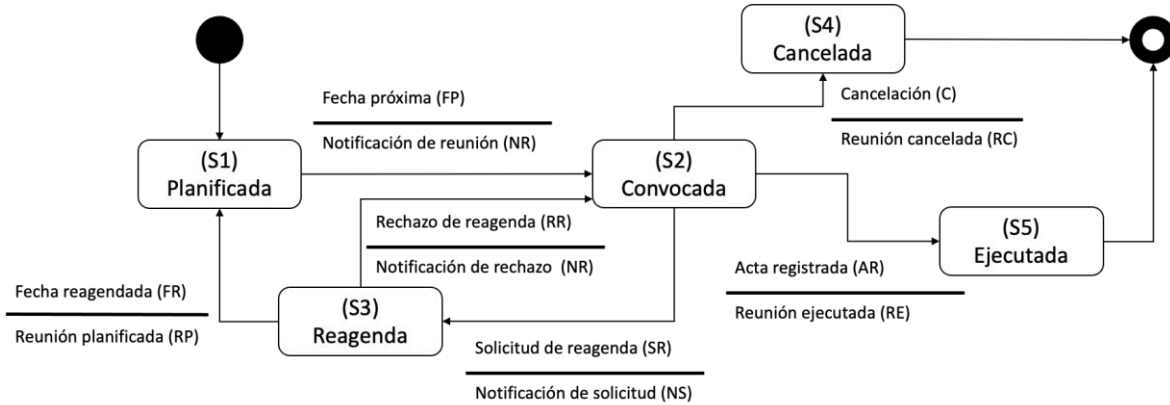


Figura 6.- Diagrama de estados para Reuniones en SAyA.

**PASO 3: Derivación de elementos de cobertura – 0-Cambios y “todas las transiciones” (TD3).** En la Tabla 1, se presenta la matriz de adyacencia que representa el grafo de estados de la Figura 6, indicando en gris los casos válidos y en blanco los inválidos, para el ejemplo del FS1.

Tabla 1.- Elementos de cobertura, representación del grafo de Reuniones en SAyA.

Estados/Entradas	FP	C	AR	SR	RR	FR
<b>S1</b>	S2/NR (TCOVER1)	S1/- (TCOVER2)	S1/- (TCOVER3)	S1/- (TCOVER4)	S1/- (TCOVER5)	S1/- (TCOVER6)
<b>S2</b>	S2/- (TCOVER7)	S4/RC (TCOVER8)	S5/RE (TCOVER9)	S3/NS (TCOVER10)	S2/- (TCOVER11)	S2/- (TCOVER12)
<b>S3</b>	S3/- (TCOVER13)	S3/- (TCOVER14)	S3/- (TCOVER15)	S3/- (TCOVER16)	S2/NR (TCOVER17)	S1/RP (TCOVER18)
<b>S4</b>	S4/- (TCOVER19)	S4/- (TCOVER20)	S4/- (TCOVER21)	S4/- (TCOVER22)	S4/- (TCOVER23)	S4/- (TCOVER24)
<b>S5</b>	S5/- (TCOVER25)	S5/- (TCOVER26)	S5/- (TCOVER27)	S5/- (TCOVER28)	S5/- (TCOVER29)	S5/- (TCOVER30)

NOTA: TCOVER*NN* = Elemento para cobertura de prueba.

**PASO 4: Derivación de casos de prueba (TD4).** Las Tablas 2a y b, presentan los casos de transiciones válidas e inválidas de 0-Cambios (una transición simple entre un par de estados), para el ejemplo del FS1.

**Tabla 2.-** Casos de prueba para (a) transiciones válidas 0-Cambios, y (b) transiciones inválidas.

(a)							(b)									
<b>Caso de prueba</b>	1	2	3	4	5	6	<b>Caso de prueba</b>	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Estado inicial</b>	S1	S2	S2	S2	S3	S3	<b>Estado inicial</b>	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S3
<b>Entrada</b>	FP	C	AR	SR	RR	FR	<b>Entrada</b>	C	AR	SR	RR	FR	FP	RR	FR	FP
<b>Salida esperada</b>	NR	RC	RE	NS	NR	RP	<b>Salida esperada</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Estado final</b>	S2	S4	S5	S3	S2	S1	<b>Estado final</b>	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S3
<b>Elemento para cobertura de prueba (TCOVER)</b>	1	8	9	10	17	18	<b>Elemento para cobertura de prueba (TCOVER)</b>	2	3	4	5	6	7	11	12	13

<b>Caso de prueba</b>	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Estado inicial</b>	S3	S3	S3	S4	S4	S4	S4	S4	S4
<b>Entrada</b>	C	AR	SR	FP	C	AR	SR	RR	FR
<b>Salida esperada</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Estado final</b>	S3	S3	S3	S4	S4	S4	S4	S4	S4
<b>Elemento para cobertura de prueba (TCOVER)</b>	14	15	16	19	20	21	22	23	24

<b>Caso de prueba</b>	25	26	27	28	29	30
<b>Estado inicial</b>	S5	S5	S5	S5	S5	S5
<b>Entrada</b>	FP	C	AR	SR	RR	FR
<b>Salida esperada</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Estado final</b>	S5	S5	S5	S5	S5	S5
<b>Elemento para cobertura de prueba (TCOVER)</b>	25	26	27	28	29	30

En la Tabla 3 se incluyen los flujos de 1-Cambio para FS1, esto es, al menos la secuencia de doble transición, es posible que en una prueba más robusta se incluyan flujos de más de 1 cambio, pero se considera suficiente para la cobertura deseada de prueba en SAyA.

**Tabla 3.-** Casos de prueba para doble transición, 1-Cambio.

**Flujos parciales de prueba con 1-Cambio**  
 TCOVER31: S1 a S2 a S4 con entradas FP y C  
 TCOVER32: S1 a S2 a S5 con entradas FP y AR  
 TCOVER33: S1 a S2 a S3 con entradas FP y SR  
  
 TCOVER34: S2 a S3 a S2 con entradas SR y RR  
 TCOVER35: S2 a S3 a S1 con entradas SR y FR  
  
 TCOVER36: S3 a S2 a S4 con entradas RR y C  
 TCOVER37: S3 a S2 a S5 con entradas RR y AR  
 TCOVER38: S3 a S2 a S3 con entradas RR y SR  
 TCOVER39: S3 a S1 a S2 con entradas FR y FP

<b>Caso de prueba</b>	31	32	33	34	35	36	37	38	39
<b>Estado inicial</b>	S1	S1	S1	S2	S2	S3	S3	S3	S3
<b>Entrada</b>	FP	FP	FP	SR	SR	RR	RR	RR	FR
<b>Salida esperada</b>	NR	NR	NR	NS	NS	NR	NR	NR	RP
<b>Siguiente estado</b>	S2	S2	S2	S3	S3	S2	S2	S2	S1
<b>Entrada</b>	C	AR	SR	RR	FR	C	AR	SR	FP
<b>Salida esperada</b>	RC	RE	NS	NR	RP	RC	RE	NS	NR
<b>Estado final</b>	S4	S5	S3	S2	S1	S4	S5	S3	S2
<b>Elemento para cobertura de prueba (TCOVER)</b>	31	32	33	34	35	36	37	38	39

**PASO 5: Ensamble de los casos de prueba (TD5).** Se consideran tres conjuntos de casos de prueba (TS- *Testing Set*), para el ejemplo del FS1.

- TS1: Casos de prueba válidos 0-Cambios - 1 al 6 TCOVER
- TS2: Casos de prueba transiciones inválidas - 7 al 30 TCOVER
- TS3: Casos de prueba 1-Cambio - 31 al 39 TCOVER

**PASO 6: Derivación de procedimientos de prueba (TD6).** Se define sólo un procedimiento de prueba (TP-*Testing Procedure*), para el ejemplo del FS1:

TP1: TS1, TS2 y TS3, en el orden de la definición de los conjuntos de prueba.

Obteniéndose una cobertura al 100% para:

- (0C) 0-Cambios=  $6/6 = 100\%$
- (All) Todas las tansiciones=  $30/30 = 100\%$
- (1C) 1-Cambio=  $9/9 = 100\%$

Los resultados del diseño de pruebas para la validación de SAyA por la técnica de pruebas basadas en estados, ya considerando los tres FS, se presenta en la Tabla 4, implementando el criterio de calidad del 100% de cobertura en 0C, All y 1C.

**Tabla 4.-** Resultados del diseño de pruebas de aceptación basadas en estados.

Conjuntos de Características FS	Conjuntos de Casos de Pruebas			Cobertura
	Válidos 0-Cambios TS1	Transiciones inválidas TS2	1-Cambio TS3	
FS1- Reuniones	6	24	9	0C= $6/6 = 100\%$ All= $30/30 = 100\%$ 1C= $9/9 = 100\%$
FS2- Actas	10	80	11	0C= $10/10 = 100\%$ All= $90/90 = 100\%$ 1C= $11/11 = 100\%$
FS3- Acuerdos	12	84	22	0C= $12/12 = 100\%$ All= $96/96 = 100\%$ 1C= $22/22 = 100\%$
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>188</b>	<b>42</b>	<b>256</b>

### Conclusiones.

El trabajo colectivo académico de los Cuerpos Académicos, se puede beneficiar del desarrollo de sistemas en línea y el acceso a través de dispositivos móviles, agilizando el trabajo colaborativo y disminuyendo la carga de gestión documental, sin embargo, estos sistemas deben procurar la consistencia del estado que guardan los diferentes elementos relevantes que pretenden mantenerse bajo control. En este sentido, la aplicación de los estándares internacionales y las técnicas de pruebas basadas en estados, permiten una validación del control esperado de dichos sistemas, facilitando la generación de conjuntos de pruebas de aceptación orientadas a la satisfacción del usuario y los interesados. Para SAyA la cobertura se satisface con 256 casos de prueba a ejecutar (28-0C, 188-All, 42-1C).

### Referencias

1. Barraza-Barraza, L. y Barraza-Soto, I. (2014). El colegiado y sus realidades. *Ra Ximhai*, vol. 10, núm. 5, julio-diciembre, 2014, pp. 467-480.
2. Farrell-Vinay, P. (2008). *Manage Software Testing*. Boca Raton, U.S.A.: Auerbach Publications.
3. Institute of Electrical and Electronics Engineers- IEEE (2017). *ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering -- Software life cycle processes*, USA: IEEE.

4. Institute of Electrical and Electronics Engineers- IEEE (2013). ISO/IEC/IEEE 29119-2: 2015. *Software and systems engineering – Software testing – Part 2: Test processes*. New York, USA: IEEE.
5. Institute of Electrical and Electronics Engineers- IEEE (2015). ISO/IEC/IEEE 29119-4: 2015. *Software and systems engineering – Software testing – Part 4: Test techniques*. New York, USA: IEEE.
6. Institute of Electrical and Electronics Engineers- IEEE (2016). IEEE Std 1012: 2016. *IEEE Standard for System, Software, and Hardware Verification and Validation*. New York, USA: IEEE Computer Society.
7. International Software Testing Qualification Board - ISTQB (2019). *Certified Tester. Foundation Level Syllabus 2018*. ISTQB.
8. Paniagua, E. A. Coord. (2007). *La gestión tecnológica del conocimiento. Tema 1. Organización, estrategia y gestión del conocimiento*. pp. 12-75. España: Universidad de Murcia.
9. Wiegers, K. y Beatty, J. (2013). *Software requirements*. Redmond, Washington: Christian Holdener, S4 Carlisle Publishing Services.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ASISTENTE VIRTUAL (CHATBOT), PARA ATENCIÓN DE ALUMNOS DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS IGUALA EN LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

F. Ham-Salgado<sup>1</sup>, E. Román-Chávez<sup>1</sup>, A. Dionicio-Abraján<sup>1</sup>, D. L. Castro-Villamil<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Iguala [angelita.dionicio@igualatecnm.mx](mailto:angelita.dionicio@igualatecnm.mx), [paco.ham@igualatecnm.mx](mailto:paco.ham@igualatecnm.mx), [emilio.roman@igualatecnm.mx](mailto:emilio.roman@igualatecnm.mx), <sup>2</sup>Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Iguala, Carretera Nacional Iguala-Taxco, esquina periférico norte s/n., col., Infonavit, Iguala Guerrero, México, [16670329@itiguala.edu.mx](mailto:16670329@itiguala.edu.mx)

*Área de participación: Aplicaciones en entornos WEB y Móvil*

### Resumen:

El uso de aplicaciones que hagan uso de la inteligencia artificial (IA) a permitido que las personas puedan estar en contacto con las empresas en cualquier momento del día. El Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Iguala (TecNM / ITI), debido a la pandemia que ha provocado que las actividades laborales y académicas se den en forma virtual, ha tenido que buscar nuevas formas de estar en contacto con los alumnos para resolver sus dudas y proporcionar la información que solicitan en forma continua, en especial la División de Estudios Profesionales que tiene contacto directo con (alrededor de 1400) alumnos, se ha visto saturada con la cantidad de preguntas, en muchos casos repetitivas, que hacen los estudiantes a través de las redes sociales o por correo electrónico, y a quienes se les debe de dar una respuesta a la brevedad, es por ello que con el uso de la inteligencia artificial a través de un **chatbot** (“asistenteIT1”) que simula una conversación con el cliente pueda dar respuesta a las dudas que presente, a cualquier hora del día, durante todo el año, lo que significa proporcionar un servicio de calidad a la comunidad estudiantil del Tecnológico de Iguala.

### Introducción.

“Un chatbots es un programa informático que simula y procesa conversaciones humanas (ya sea escritas o habladas), permitiendo a los humanos interactúa con dispositivos digitales como si se estuviera comunicando con una persona real. Los chatbots pueden ser sencillos que respondan a consultas sencillas con respuestas de una sola línea, o bien sofisticados como los asistentes digitales que pueden aprender y evolucionar para ofrecer niveles de personalización cada vez mayores a medida que reúnen y procesan información”.

Los chatbots han ganado terreno en las empresas, quienes recurren a esta herramienta digital como apoyo para dar información a los clientes en cualquier momento que lo solicite, por ejemplo, cuando visitamos un sitio web de venta de automóviles, de ropa o cualquier otro producto, el sitio muestra diálogos donde te pregunta “¿En qué te puedo



ayudar?” o “Iniciar chat”, significa que la empresa está utilizando la IA para iniciar una conversación donde el cliente puede preguntar o solicitar información la cual será dada por el chatbot al momento.

La División de Estudios Profesionales del TecNM/ITI ha tenido infinidad de preguntas o solicitudes de información a través de redes sociales o por correo electrónico, sobre los procesos de inscripción, reinscripción, altas y bajas de materias, Residencia Profesional o Titulación por parte de los estudiantes, estas preguntas suelen ser repetitivas y se ha procurado contestar al mayor número de alumnos en forma individual, pero el departamento no cuenta con los recursos humanos suficientes para dar respuesta a cada una de la peticiones realizadas durante todo el día, por lo que un asistente virtual que funcione en cualquier momento (las 24 horas del día), sería de gran ayuda para esta área que es de suma importancia por la relación que tiene con los clientes (alumnos) del Instituto Tecnológico de Iguala.

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

La inteligencia artificial es una ciencia que se originó en 1950, cuando Alan Turing consolidó el campo de la inteligencia artificial en su artículo "Maquinaria e Inteligencia Computacional", en el que propuso pruebas específicas para determinar si la máquina ¿Es inteligente? Este método se llama prueba de Turing, por lo que se le considera el padre de la inteligencia artificial. Muchos años después, Turing se convirtió en un aliado de personas que defendían la posibilidad de copiar pensamientos humanos a través de computadoras, y fue el primer coautor de un programa de ajedrez. Después de más de 68 años de investigación, esta ciencia ha hecho grandes avances y descubrimientos, y en los últimos años, la inteligencia artificial ha jugado un papel importante en cinco tendencias: Inteligencia Artificial (IA) e implementación, Internet de las cosas (IoT), Ciberseguridad, computación cuántica y Blockchain o cadena de bloques.

En 1974, el primer agente conversacional (Chatbot) fue propuesto por Joseph Weizenbaum del MIT y desarrollado ahí mismo para IBM 7094. Es considerado el primer robot capaz de realizar conversaciones en inglés sobre cualquier tema. Su nombre es “Eliza” y usa etiquetas para comprender y clasificar el texto. Además, ella (Eliza) está configurada para discutir sus problemas ejerciendo con los usuarios la psiquiatría. A lo largo de los años, se han implementado muchos softwares que pueden dar respuestas razonables a las conversaciones. Ahora, con la ayuda del asistente Google Now® de Google® o “Siri” para sistemas Apple®, el desarrollo de estos sistemas se puede encontrar en entornos como Android®, de igual forma, “Cortana” es desarrollada para el sistema operativo Windows®. No fue hasta 2016 que Telegram® y Facebook® anunciaron la posibilidad de desarrollar una aplicación ChatBot en su plataforma, que seguiría el proceso proporcionado por el desarrollador y desplegaría en su sistema la mensajería instantánea.

Descripción de Herramientas para el Desarrollo del Asistente IA

La plataforma ocupada para el desarrollo de la interfaz fue Dialogflow® el cual permite a los desarrolladores crear aplicaciones de IA conversacionales (como chat, voz y robots

IVR). Incluye una plataforma de construcción de robots visuales, así como herramientas de colaboración y gestión de versiones. Además, admite funciones IVR avanzadas y está optimizado para la complejidad y escala del uso comercial. Dialogflow es una multiplataforma que se puede conectar con sus propias aplicaciones, incluido el teléfono o la solución digital que utiliza, se distingue de sus competidores por su amplia interfaz de diálogo, actualmente admite más de 14 idiomas y cada vez es más capaz de hacer frente al uso de abreviaturas y errores ortográficos. Dialogflow suministra entidades de sistema predefinidos que pueden concordar con muchos tipos de datos comunes, por ejemplo, ciertas entidades del sistema conciertan con la fecha, la hora, el color, la dirección de correo electrónico, etc. También puede crear sus propias entidades personalizadas para que coincidan con sus datos. Una vez instituida la entidad, son los parámetros los que se encargan de hacer referencia a los valores proporcionados por el usuario final, los cuales tienen nombres y tipos de entidad. Estos parámetros son datos estructurados que se pueden usar fácilmente para ejecutar alguna lógica o formar una respuesta. La intención clasifica la intención del usuario final de cambiar la conversación en la conversación de un agente. El agente debe responder al usuario final con réplicas a preguntas, consultas de información o el final de la conversación.

### **Resultados y Discusión.**

La aplicación denominada “AsistenteIT” desarrollada para la División de Estudios Profesionales del TecNM/ITI, por el momento se ha instalado de manera local en un servidor gratuito, (posteriormente se pretende instalar en la página oficial del ITI) donde se puede visualizar en un dominio temporal en la siguiente url, <http://ahoriita.com/Asistenteiti/ChatbotAsistenteIA.html>, opera como un asistente inteligente instalado en una página web. Se localiza en la parte inferior derecha de la pantalla y solo se necesita acercar el apuntador para activarlo. Al dar click sobre el “AsistenteIT” este se abre y saluda, esperando que el usuario teclee una pregunta para que posteriormente proporcione una respuesta, es importante señalar que la retroalimentación solicitada por el chatbot debe realizarse de la manera más sencilla posible para que no sea una carga para el usuario.

Según la experiencia, las interacciones con comentarios a menudo representan del 1 al 5% del total. En este caso, la implementación de chatbot pretende que, de un total de 1000 interacciones, se puntué más del 70%. La estimación exacta del costo-beneficio no puede realizarse de manera concreta, debido a que el proyecto está en etapa de pruebas, pero una vez terminado e implementado, se estima que la expectativa de atención al estudiante, supondrá la presencia de múltiple ventajas ya que la disponibilidad del chatbot será en cualquier momento del día, facilitando la consulta de la información sin necesidad de trasladarse a alguna oficina o coordinación de la División de Estudios Profesionales, por consecuente la atención presencial tendrá una menor carga de trabajo, logrando con esto concentrar la atención de los estudiantes en cuestiones más particulares que realmente necesitan de la atención presencial. De igual manera coadyuvará en la reducción de los tiempos de espera, aumentando la eficiencia en la atención y calidad para nuestros estudiantes.

Para el desarrollo de la aplicación, se consideraron los siguientes pasos (algoritmo) para un turno de conversación de una sesión del chatbot con Dialogflow:

1. El usuario final escribe o dice algo, acreditado como entrada de usuario final.
2. La interfaz de usuario o sistema de integración recibe la entrada y la reenvía a la API de Dialogflow en una solicitud de intent de detección.
3. La API recibe la solicitud de intent de detección, si coincide con la entrada a un intent o parámetro de formulario, se establecen los parámetros según sea necesario y actualiza el estado de la sesión. Si necesita llamar a una entrega habilitada para webhook (retrollamada HTTP, se utiliza en tiempo real, por lo que el sistema puede actualizarse cuando se produce el evento), envía una solicitud webhook al servicio webhook, de lo contrario, va al paso 6.
4. El servicio recibe la solicitud y realiza las acciones necesarias, como llamar API's externas, consultar o actualizar una base de datos, etcétera.
5. El servicio de webhook compila una respuesta y envía una respuesta de webhook a Dialogflow.
6. Dialogflow crea una respuesta de intent de detección. Si se llamó a un webhook, usa la respuesta proporcionada en la respuesta de webhook. Si no se llamó, se usa la respuesta estática que se define en el agente. Dialogflow envía una respuesta de detección de intent a la interfaz de usuario o al sistema de integración.
7. La interfaz de usuario o sistema de integración recibe la respuesta de detección de intent y reenvía la respuesta de texto o audio al usuario final.
8. El usuario final ve o escucha la respuesta.

Los pasos anteriores se aplican en el uso del chatbot, del cual se presentan algunas imágenes del “AsistenteTI”, en la Imagen 1, se muestra cómo se abre el proyecto o espacio físico de Dialogflow, primero se elige un nombre, en este caso fue “AsistenteTI” y después se agregan los parámetros.

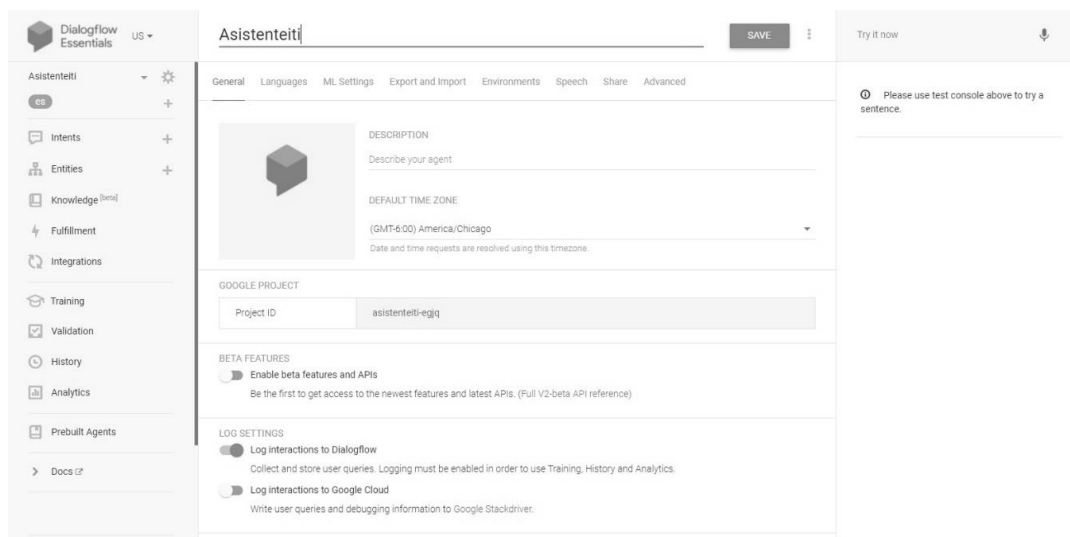


Imagen 1. Se coloca el nombre el proyecto.

La Imagen 2, muestra la interacción con el API de meetup.com, para que dialogflow extraiga la intención del usuario y los parámetros que ha proporcionado, mediante un script se llama al API y se devuelve en el formato que Dialogflow, para activar esta parte se va al apartado “fulfillment” o bien se introduce directamente el código en este punto utilizando el inline editor o bien poner un endpoint para levantar la función, en este caso se usa Cloud Function (endpoint) como Google.

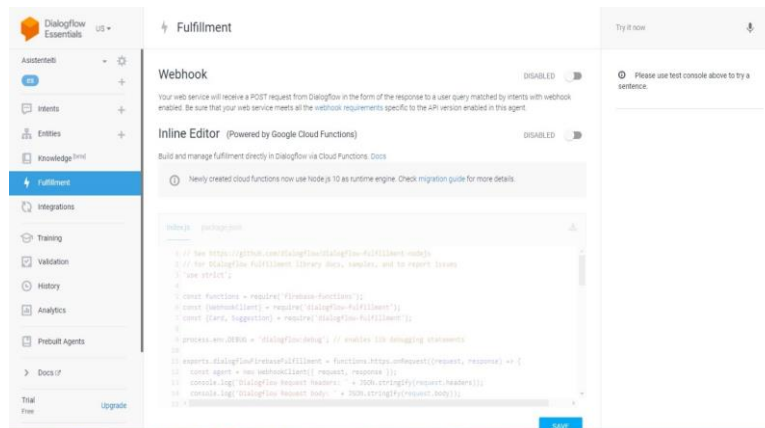


Imagen 2. Uso de un endpoint.

Una vez analizadas las preguntas más frecuentes y repetitivas que hacen los estudiantes, se procede a subirlas y empezar a armar el chatbot para la División de Estudios Profesionales (imagen3).

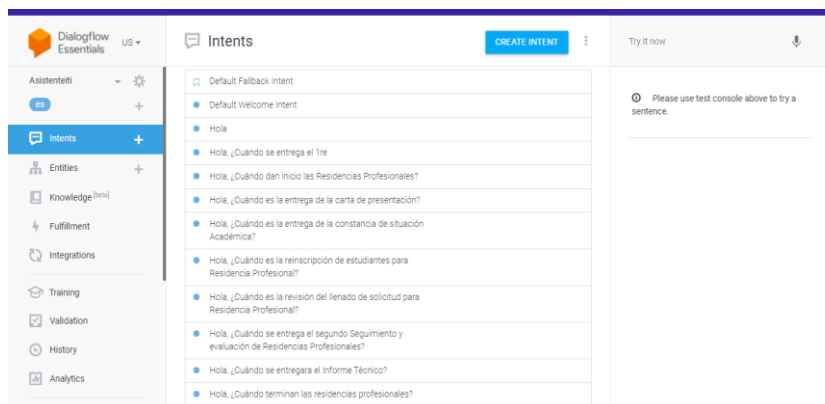


Imagen 3.- Pantalla de captura de las preguntas del chat.

Cuando se hace uso del “AsistenteIT”, inicia con un saludo, posteriormente el estudiante puede hacer la preguntas que desee, el chat busca la respuesta y la muestra en pantalla, de esta forma el alumno podrá hacer más de una pregunta, la cual le será contestada, iniciándose una conversación virtual, según se muestra en las imágenes, 4, 5 y 6.

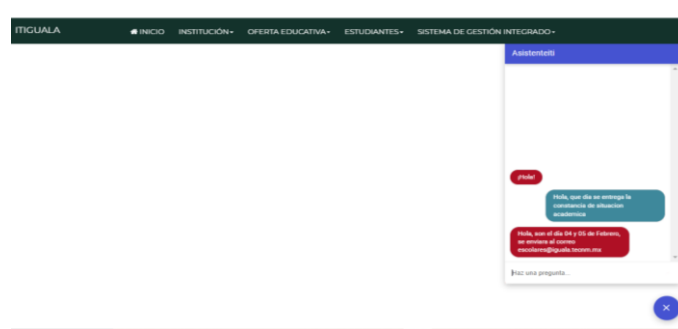


Imagen 4.- Ejemplo de preguntas y respuestas del chatbot “AsistenteTI”.

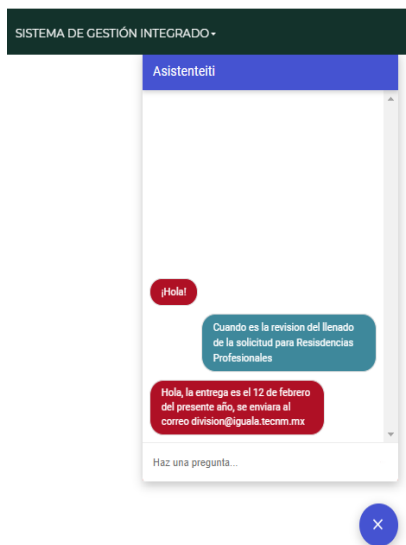


Imagen 5.- Ejemplo de uso del chat.

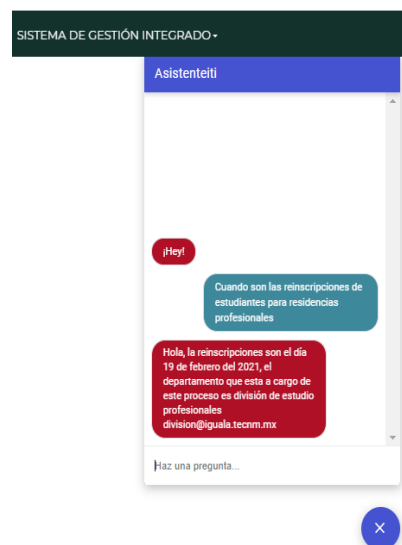
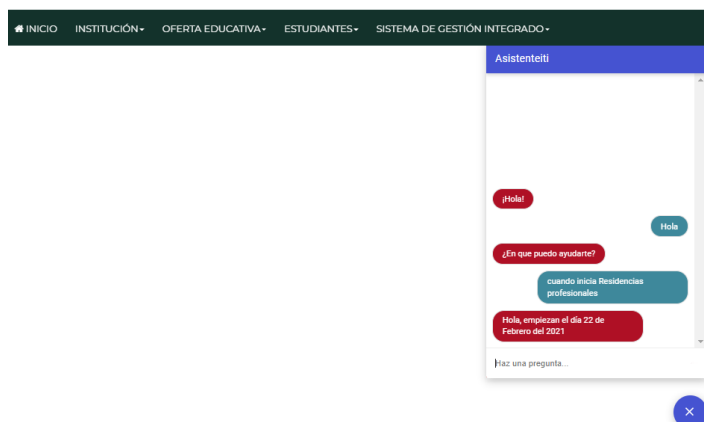


Imagen 6.- Ejemplo de pregunta y respuesta en el chat.

En la imagen 7, se muestra las respuestas que da el chat cuando el usuario responde el saludo y realiza varias preguntas.



**Imagen 7.-** Ejemplo conversacional donde hay más de una preguntas y respuestas del chat.

Cabe hacer mención que el chat solo responderá preguntas relacionadas con los procesos que se realizan en la División de Estudios Profesionales del ITI, como son: proceso de inscripción y reinscripción, residencia profesional y titulación, por lo que cualquier otra pregunta relacionada con algún otro departamento no será contestada, se espera en un futuro ampliar el “AsistenteITI” para las demás áreas como pueden ser el Departamento de Servicios Escolares y de Recursos Financieros, quienes también tienen estrecha relación con los estudiantes.

### **Conclusiones.**

En el presente trabajo se explica el proceso de diseño, desarrollo e implementación del asistente virtual “AsistenteITI”, con la finalidad de brindar atención a los estudiantes en forma inmediata, referente a información solicitada que pueda proporcionar la División de Estudios Profesionales, del TecNM/ITI.

Del trabajo realizado se puede determinar que una de las principales oportunidades para mejorar el servicio a nuestros estudiantes, es precisamente el brindado por los asistentes virtuales, un servicio fácil de usar y rápido para responder a las inquietudes de nuestros estudiantes resolviendo las dudas de los mismos en cualquier momento.

Se expusieron aplicaciones del campo de estudio de la inteligencia artificial, para satisfacer necesidades comunicativas de las organizaciones, encontrándose que dichas herramientas son más eficientes que los asistentes humanos, puesto que pueden atender a varias personas al mismo tiempo, las 24 horas del día.

Finalmente se describió el proceso de desarrollo e implementación del asistente colocándolo de manera temporal en un servidor para posteriormente instalarlo en la página web de la Institución.

### **Agradecimientos.**

Al Personal de la División de Estudios Profesionales del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Iguala, por las facilidades proporcionadas para el desarrollo de esta aplicación que hace uso de la Inteligencia Artificial, a través del uso de un chatbot denominado “AsistenteITI”.

### **Referencias**

1. Albarrán Trujillo, S. & Salgado Gallegos, M. (2013). La inteligencia analítica y la competitividad en las empresas. *Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática*, 2(3), 24-47.
2. Andalucía es digital (2019). Inteligencia artificial para empresas: ¿qué son y para qué se usan los chatbots?. Consultado el 29 de noviembre de 2020. Recuperado de <https://www.blog.andaluciaesdigital.es/chatbots-inteligencia-artificial-para-empresas>.
3. InboundCycle (2019). Chatbot: la automatización de la atención al cliente. *InboundCylce* (en línea). Consultado el 29 de noviembre de 2020, <https://www.inboundcycle.com/diccionario-marketing-online/chatbot>
4. Consultado octubre 2020. Dialogflow, dirección: <https://dialogflow.com>
5. Consultado noviembre 2020. Chatbot. La automatización de la atención al cliente. Disponible: <https://www.inboundcycle.com/diccionario-marketing-online/chatbot>
6. Consultado marzo 2021, Qué es un chatbot y para qué sirve. Disponible: <https://www.esic.edu/rethink/2018/08/04/que-es-un-chatbot-y-para-que-sirve/>



7. Consultado marzo 2021. BENEFITS OF USING CHATBOTS IN YOUR BUSINESS. Disponible: <https://due.com/blog/chatbots-business-benefits>
8. Consultado marzo 2021. Evolución de los chatbots. Disponible: <https://planetachatbot.com/evolucionde-los-chatbots-48ff7d670201>
9. Consultado marzo 2021, Qué es un chatbot y para qué sirve. <https://www.oracle.com/mx/chatbots/what-is-a-chatbot/>
10. Fecha de consulta: 18 de marzo de 2021. Intent, parámetros y webhook <https://cloud.google.com/dialogflow/cx/docs/basics?hl=es-419>

### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ y los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## **TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN COMO AMBIENTE VIRTUAL DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS, BASADO EN LA TRANSVERSALIDAD CON LA INFORMÁTICA EN EDUCACIÓN PRIMARIA**

**G. A. Nochebuena-Reyes<sup>1</sup>, G. Castillo-Quiroz<sup>1</sup>, M. Cruz-Luna<sup>1</sup>, J. Torres-Jiménez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Maestría en Tecnologías de la Información del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Avenida Tecnológico No. 80, Col. 5 de Octubre, Huauchinango, Puebla, México – [glaxi24@yahoo.com.mx](mailto:glaxi24@yahoo.com.mx), [gcastillo@huauchinango.tecnm.mx](mailto:gcastillo@huauchinango.tecnm.mx), [manuelcl@huauchinango.tecnm.mx](mailto:manuelcl@huauchinango.tecnm.mx), [jacinto.torres@huauchinango.tecnm.mx](mailto:jacinto.torres@huauchinango.tecnm.mx)

**Área de participación:** Aplicaciones en entornos web y móvil (ISC)

**Resumen:** La educación en México, en los últimos años, ha sido variable y con amplias necesidades de renovación y actualización, en donde la educación básica juega un papel muy importante para el logro de las demandas profesionales futuras. En este contexto, se utilizan las tecnologías de la información para crear un Ambiente Virtual como herramienta de apoyo didáctico, para aprender Matemáticas en educación primaria, aplicando temas de Informática y, por ende, aprender a manejar los medios digitales, favoreciendo la enseñanza aprendizaje en la educación primaria, generando cambios en las formas de enseñar y/o aprender, más aún, para la asignatura de Matemáticas, ya que es una materia que se ha considerado compleja desde hace décadas, modificando formas de aprender Matemáticas, e Informática como consecuencia. Los Ambientes Virtuales son flexibles y adaptables, lo cual promueve el aprendizaje constructivista y autónomo, al ser una herramienta intuitiva e inclusiva para el uso de los menores, como se expone en este artículo, que se centra en la construcción del Ambiente Virtual.

### **Introducción.**

Actualmente, los problemas de bajo desempeño, rezago y deserción en educación básica se han acrecentado por diversas causas; la más reciente, fue provocada a nivel internacional por una afectación sanitaria, que requirió tomar amplias y diversas medidas como prevención. En contexto académico, los estudiantes han presentado bajo puntaje en la evaluación nacional e internacional. En la evaluación PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos) de la OCDE, que es una evaluación para nivel

secundaria, y que se toma en cuenta a partir de que los aprendizajes de nivel primaria se han notificado como “nulos” al ser la base de sus habilidades matemáticas. El 1% de los estudiantes estuvieron en los niveles más altos de competencias (nivel 5 y 6), quedando en penúltimo lugar de 37 países, estando dentro de los más rezagados. Un bajo puntaje en lectura, matemáticas y ciencias. (OCDE, 2018). Así mismo, en el Informe del INEE (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación) de 2019, en base a la evaluación PLANEA de 2018, en la asignatura de Matemáticas de educación primaria, marca un puntaje de 503, a nivel federal y, a nivel estatal, Puebla obtuvo un puntaje de 513, de una valoración mínima de 300 y máxima de 800 puntos. Con estos valores identifican el poco avance académico en una década, expresando que los niños y niñas no están preparados para la vida. (INEE, 2019).

En aspecto del uso de las Tecnologías, en general, en el país ha sido poco usual, aunque recientemente ha sido más utilizada de manera escolar, sin embargo, son pocos los conocimientos digitales. El Profesor Miguel Ángel Morales Sandoval, de la Facultad de derecho de la UNAM, asegura que será necesario que los maestros se actualicen en el uso de las TIC, y las escuelas cuenten con las herramientas suficientes para proporcionar al estudiante, *“si queremos que nuestros estudiantes y las nuevas generaciones sigan siendo relevantes y competitivas en el mundo, debemos analizar con qué los vamos a introducir a la Tecnología.”* (Sandoval, 2020). Por su parte, Luke Tate, vicepresidente y director ejecutivo de Opportunity Initiative, comentó que los mexicanos deben tener una misión muy grande: *“aprender a vivir con la Tecnología, enseñando como profesor y aprendiendo como estudiante”*. (Muñoz, 2020).

Hoy en día, han aumentado y renovado diversas plataformas digitales, y múltiples aplicaciones, destacando aquellos que facilitan la creación *Ambientes o Entornos virtuales*, que son herramientas web que favorecen la enseñanza aprendizaje en diversas modalidades. Las más usadas son *E-Learning* (aprendizaje en línea) y *B-learning* (Aprendizaje híbrido), que son implementados, por lo general, en instituciones de nivel medio superior y superior. En el país y en el estado de Puebla, no se han identificado Ambientes Virtuales dirigidos a la educación primaria. A partir de esto, se presenta el proyecto donde se está tomando en cuenta para la mejora de las habilidades básicas en Matemáticas de educación primaria y el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), como parte de su desarrollo competitivo y actual para la vida. El objetivo de este proyecto es complementar la enseñanza aprendizaje de educación primaria, con un Ambiente Virtual y lograr modificar la perspectiva de una asignatura, que se ha considerado de las más complejas a través de los años.

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

### *1. Ambiente Virtual B-Learning:*

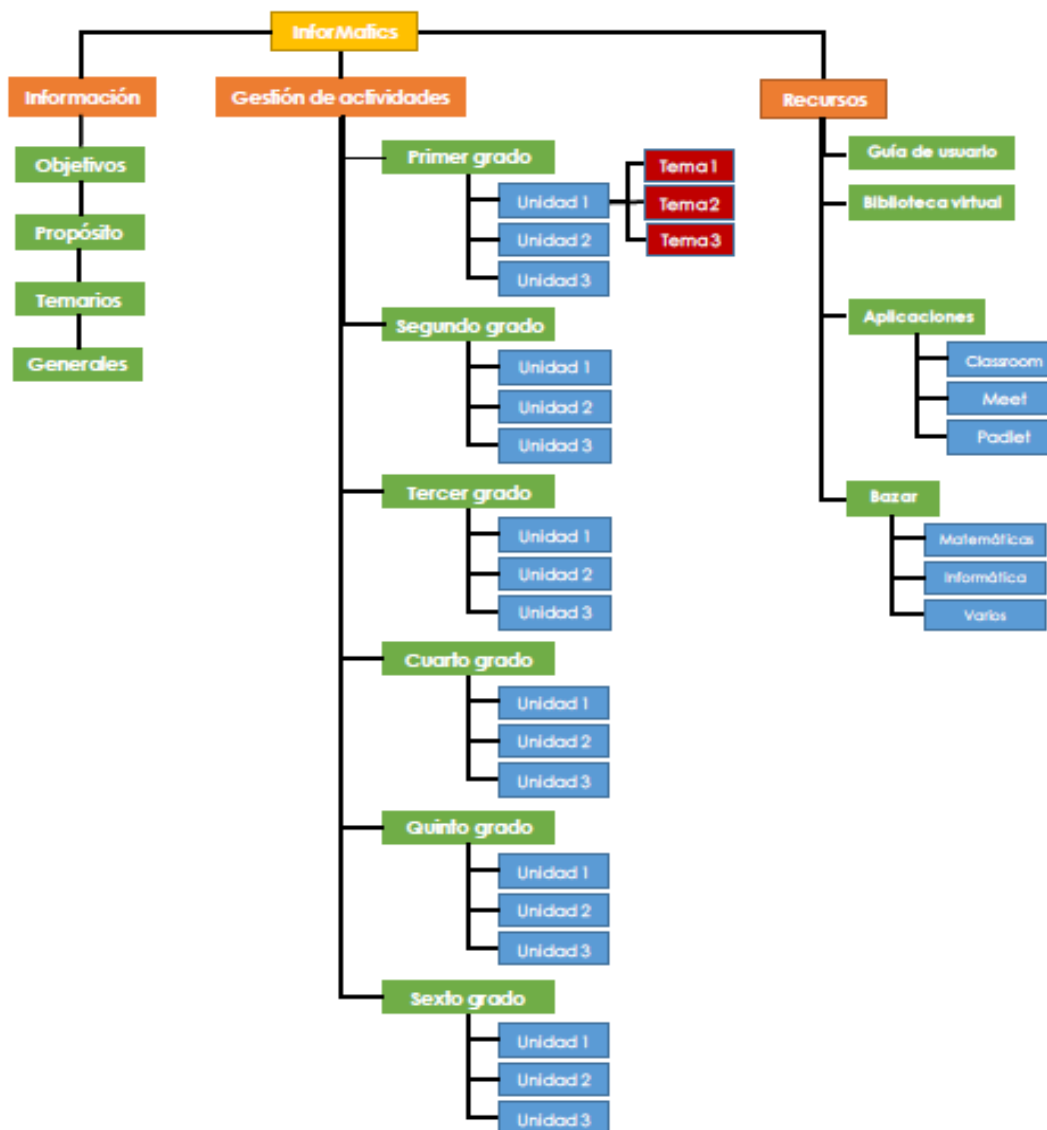
El producto es un ambiente virtual como herramienta de enseñanza - aprendizaje en las asignaturas de Matemáticas e Informática, con un tipo de sistema de gestión LCMS (Sistema de Gestión de Contenido de Aprendizaje). Se presenta con el nombre de InforMatics, como acrónimo de las dos asignaturas y el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación. Inicialmente se dirige a un grupo reducido de estudiantes

(79 de 86 alumnos), de una escuela primaria privada, misma que cuenta con seis grados escolares y los estudiantes oscilan entre los 6 y 13 años de edad.

Se propone un Ambiente Virtual *B-Learning (Blended learning)*, o bien, de *modalidad híbrida*, al ser un entorno de aplicación semipresencial, combinando asesorías que impartirá el docente de manera presencial o sincrónica, con las actividades de aprendizaje en línea. Al ser una plataforma accesible, segura y flexible, facilita la colaboración y desarrollo de actividades. Se puede ingresar en cualquier dispositivo con conectividad a Internet (computadoras de escritorio o portátiles, tabletas o smartphones).

*InforMatics* está compuesto por tres módulos básicos: *Información, Gestión de actividades y Recursos*, (Fig. 2 y 3). Requiere registro para acceso, creado con HTML y CSS. Ingresan utilizando una dirección de correo electrónico y CURP (Clave Única de Registro de Población) del estudiante, mismos que se guardan en una base de datos PHP, enlazado con el Ambiente.

El mapa de navegación se observa en la siguiente imagen, (Fig. 1).



En la última capa del módulo de Gestión de actividades, incluye tres temas por cada Unidad (segunda capa) de cada Grado (primera capa).

Figura 1.- Mapa de navegación del Ambiente Virtual "InforMatics".

## 2. Plataforma Google Sites

Como Tecnologías de la información, puede definirse según su aplicación y, en este contexto se dirigen a dos conceptos, el primero se orienta al uso de las *Tecnologías de la Información* como medio para crear, desarrollar, procesar, almacenar y/o administrar elementos informáticos. La segunda, se dirige al uso de las *Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)*, como medio de interacción y comunicación, utilizando

redes, dispositivos de comunicación y materiales digitales (videos, documentos, imágenes, audios...). (Ventura, 2017).

La plataforma de *Google Sites*, cubre estos parámetros para crear una herramienta lúdica y didáctica con sistema *B-learning*, atractivo e intuitivo para los menores, con licencia gratuita y alojamiento en la *Nube*. Cuenta con gran variedad de herramientas que pueden adecuarse para la aplicación de actividades, y se podrá ingresar con navegador *Google*, *Google Chrome* o *Microsoft Edge*, mismos que son los más usuales por los estudiantes. Cuenta con material interactivo, audiovisual e imprimible, editados con las aplicaciones de *Google* y otros, como *Paint*, *Corel Draw X7* y *Pinnacle Studio 20*.



Figura 2.- Vista de Inicio, superior.



Figura 3.- Vista de Inicio, inferior.

### 3. Módulo de Información

Dentro del módulo de Información, se encuentran los *Propósitos y Objetivos* de la asignatura utilizando videos MP4, y *Temario general* con hipervínculo para ingresar al módulo de *Gestión de actividades*, (Fig. 4). También, incluye información adicional para casos específicos: avisos, citas, circulares, entre otros, (Fig. 9).

### 4. Módulo de Gestión de actividades

El aprendizaje transversal, se dirige al uso de temas que se relacionan con otras asignaturas y que el estudiante puede aplicar para una situación concreta dentro de su aprendizaje, identificando el qué aprenderá y para qué aprenderá, favoreciendo su desarrollo de habilidades, conocimientos y competencias. Tiene el perfil constructivista, porque induce al estudiante a formar o construir su propio aprendizaje por medio de dicha interacción. (Granja, 2015).

Dentro de este módulo se encuentran los iconos de los seis grados para ingresar a los temas y actividades de cada grado, (Fig. 5). Cada grado cuenta con tres unidades, con tres temas cada unidad y las actividades de acuerdo con el tema a tratar, (Fig. 6 y 7). Al ingresar a cada tema, se visualiza la *Introducción*, *Especificaciones*, *Actividades (Conocimientos previos, desarrollo y cierre)*, *Autoevaluación (formativo y sumativo)* y *Retroalimentación*, además de *Material imprimible* para prácticas.



Figura 4.- Módulo de información.



Figura 5.- Módulo de Gestión de actividades.

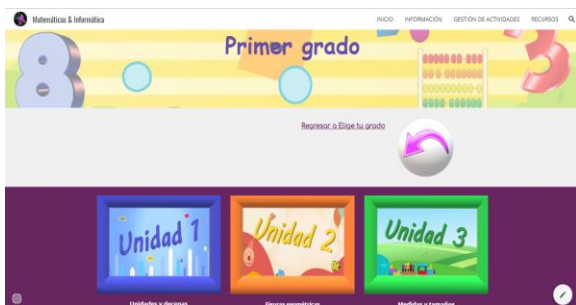


Figura 6.- Vista de Unidades



Figura 7.- Vista de Temas

### 5. Módulo de Recursos

En esta sección se ubica la *Guía de usuario*, *libros de texto digitales*, *bibliotecas virtuales*, enlaces con las *plataformas* más utilizadas, y un espacio como *Bazar*, donde se agregarán *materiales diversos* de ambas asignaturas, que podrían utilizar los estudiantes para casos específicos o complementarios, además de enlaces adicionales para uso de otras páginas educativas, (Fig. 8).



Figura 8.- Módulo de Recursos



Figura 9.- Vista de Formulario inicial.

## Resultados y Discusión.

Para observar los resultados, se aplicó una metodología cuantitativa para valorar su aplicación o uso por los estudiantes, utilizando como instrumento la encuesta (interna) y



observación, aplicando a los estudiantes y una adicional a padres de familia, (Tabla 1). Dicha encuesta se basó en los Criterios para selección de Software Educativo (Graells, 2000), utilizando una descripción general. Lo que se obtuvieron los siguientes resultados, tomando en cuenta una muestra de 79 estudiantes de los seis grados de nivel primaria, con aplicación en un trimestre:

Tabla 1.- Resultados de valoración de encuesta a estudiantes.

CRITERIOS	MUY BIEN	REGULAR	DEFICIENTE
<b>Valoración del AV como herramienta didáctica.</b> (Facilidad de uso, versatilidad, navegación, calidad de entorno)	87.3%	7.6%	5.1%
<b>Valoración del AV como herramienta de aprendizaje de asignaturas específicas.</b> (Servicio de formación, interacción, capacidad de motivación, originalidad de TIC, enfoque aplicativo y creativo)	93.7%	0%	6.3%
<b>Valoración del contenido (actividades y guía) del AV.</b> (Elementos multimedia, calidad de contenido, adecuación a usuarios, funcionalidad de documentación)	91.1%	3.8%	5.1%
<b>Valoración de los recursos adicionales del AV.</b> (Recursos, tutoría, trabajo cooperativo, esfuerzo cognitivo)	88.6%	6.3%	5.1%
<b>Avance de aprendizajes por medio del AV. (autovaloración)</b>	86.1%	10.1%	3.8%
<b>Avance de aprendizajes por medio del AV. (Padres de familia)</b>	89.9%	1.3%	<b>* 8.8% no contestó</b>

Como se puede apreciar, los porcentajes muestran el reconocimiento de la herramienta virtual aceptable para apoyo en la asignatura de Matemáticas con la Informática. La valoración Deficiente se presenta por la negativa de padres de familia, mencionando que las herramientas digitales no son una forma de enseñar ni aprender, y solo participaron en clase sincrónica. Para el caso del último criterio, evaluado por los padres de familia, no enviaron su respuesta sin motivo preciso.

En los resultados de la valoración a los estudiantes, se identificó que la mayoría ingresó a la plataforma y un porcentaje suficiente mostró avance en las asignaturas y aplican sus conocimientos en otras materias y situaciones cotidianas, (Tabla 2). La valoración está tomada en cuenta por la evaluación por tema y una valoración trimestral de tipo práctico, observando los siguientes resultados:

Tabla 2.- Resultados de valoración a estudiantes que utilizaron la plataforma digital.

CRITERIOS	MUY BIEN	REGULAR	DEFICIENTE
-----------	----------	---------	------------

<b>Avance en Matemáticas</b>	79.7%	11.4%	8.9%
<b>Avance en Informática</b>	88.6%	6.3%	5.1%
<b>Aplicación de los conocimientos</b>	75.9%	19%	5.1%
<b>Uso de TIC para todas sus actividades escolares</b>	83.5%	10.1%	6.3%
<b>Ingreso a la plataforma</b>	91.1%	5.1%	3.8%

### Conclusiones.

Se creó una herramienta digital como apoyo a la enseñanza aprendizaje, para favorecer las habilidades de los estudiantes de nivel primaria en la asignatura de Matemáticas con la Informática; además, fomentar la creatividad, autonomía y habilidades para su futuro a corto y largo plazo. El análisis de estudio y las encuestas aplicadas a estudiantes y padres de familia, muestran resultados que han sido favorables en una primera fase de prueba, reconociendo que han tenido avances significativos, además de mejorar sus habilidades digitales. Esta metodología de enseñanza aprendizaje ha logrado atender a los estudiantes regulares y con rezago, así mismo, a los estudiantes con estilos de aprendizaje específicos por situaciones de discapacidad, siendo factible al ser adaptada a las necesidades, con variedad en su contenido. Un aspecto que también refieren les favoreció, que es posible ingresar a cualquier hora del día y desde cualquier dispositivo con internet, y refieren que con lo aprendido ayudan a sus padres o hermanos para resolver o realizar actividades, incluyendo de índole laboral.

### Agradecimientos.

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Maestría en Tecnologías de la Información del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este proyecto. Por otra parte, se otorga amplio agradecimiento a la directora de la Escuela Particular “Ignacio Manuel Altamirano”, de la ciudad de Huauchinango, Puebla, Profra. Belén Cervantes Pérez, por su confianza y apoyo para la aplicación del proyecto; así como a los estudiantes de nivel primaria, por su dedicación y amplia participación.

### Referencias

1. Graells, P. M. (01 de 01 de 2000). *Quaderns digitals.net*. Obtenido de Criterios para la selección de software educativo:  
[http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo\\_id=209](http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=209)
2. Granja, D. O. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 93-110.
3. INEE. (2019). *Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes*. México: Fondo Editorial INEE.

4. Muñoz, F. (30 de 01 de 2020). *Reporte Índigo Periódico*. Obtenido de <https://www.reporteindigo.com/piensa/tecnologia-para-avanzar-en-la-educacion-cursos-en-linea-mexico-tics/>
5. OCDE. (2018). *Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA)*. México: Nota País.
6. Sandoval, P. M. (28 de 12 de 2020). *Vanguardia Política Periódico, Tecnología*. Obtenido de <https://vanguardiapolitica.mx/tecnologia-para-avanzar-en-la-educacion/>
7. Ventura, R. C. (2017). La integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los centros de educación primaria de la Región de Murcia. 54. Murcia, España.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN AMBIENTE VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE LAS MATERIAS DE GEOGRAFÍA E HISTORIA EN ESCUELAS DE PRIMARIA ALTA URBANA

**M. Mejía-Marcial<sup>1</sup>, G. Castillo-Quiroz<sup>1</sup>, C. J. Sampayo-Rodríguez<sup>1</sup>, A. Hernandez-Luna<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Maestría en Tecnologías de la Información del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango

matilde@huauchinango.tecnm.mx, gcastillo@huauchinango.tecnm.mx,  
carmenj@huauchinango.tecnm.mx, aldo.hdz@huauchinango.tecnm.mx,  
Avenida Tecnológico No. 80, Col. 5 de octubre, Huauchinango Puebla, México, C.P. 73173

**Área de participación:** Aplicaciones en entornos web y móvil (ISC)

### Resumen:

En México tiene 30.8 millones de personas en condición de rezago educativo. De los 89.7 millones de personas de 15 años y más del país, 34.4% se encuentran en situación de rezago educativo, uno de los factores es por la falta de estrategias de enseñanza del sector educativo al aplicar la educación tradicional, puede romperse esta barrera incorporando herramientas tecnológicas que permitan el desarrollo creativo tanto del alumno como del docente, es por ello que el presente proyecto propone aplicar nuevas estrategias de enseñanza con los alumnos, haciendo uso de las herramientas de la realidad virtual, con ello contenga información de las materias geografía e historia para primaria alta urbana. Esta aplicación creará un ambiente virtual incluyendo efectos visuales y sonoros, simulaciones de la realidad. Dentro de las investigaciones realizadas, se observó que México invierte grandes recursos en la educación, pero el problema no está en el monto invertido sino en la calidad en que se invierte el mismo, para que la enseñanza sea cada vez mejor. Mostrando con esto que la falta de atención en los métodos de enseñanza basados en el uso de la tecnología en las escuelas de México ha provocado el bajo rendimiento académico y las problemáticas pedagógicas presentes en la enseñanza.

### Introducción.

La manera de enseñar no ha evolucionado tanto como la tecnología lo ha hecho. En México tiene 30.8 millones de personas en condición de rezago educativo, informó el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). De los 89.7 millones de personas de 15 años y más del país, 34.4% se encuentran en situación de rezago educativo, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Hogares 2016 [1], ocasionado por aspectos como es la falta de estrategias de enseñanza por el sector educativo y el docente al aplicar la educación tradicional, puede romperse esta barrera incorporando herramientas tecnológicas que permitan el desarrollo creativo tanto del alumno como del docente. Una de las problemáticas que han surgido en las escuelas al utilizar el método tradicional en estrategias de enseñanza, en la materia de historia y geografía es muy teórica al impartirla, que para los alumnos es una actividad tediosa. Debido a estas causas lo que provocó el estudio de este tema para buscar la forma de realizar las clases más interactivos con la utilización de mecanismos de Realidad Virtual (RV) que implicará una

motivación para el alumno, dado que le animarán a aprender mientras observa y escucha al mismo tiempo. El término Realidad Virtual suele asociarse a casi todo aquello que tiene que ver con imágenes en tres dimensiones generadas por el ordenador y con la interacción de los usuarios con este ambiente gráfico, quien puede sentir que se encuentra inmerso en un mundo virtual. Al inicio esta tecnología era aplicada mayormente en los juegos, pero cada vez se descubren nuevas posibilidades de uso, una de ellas; la educación.

R., H. J., Otón, S., & Martínez, a. [2]. Para ello a finales de los 80, los gráficos generados por computador entraron en una nueva época. Además de que las imágenes tridimensionales comenzaran a reemplazar a las bidimensionales, también comenzó a surgir la necesidad de un espacio de trabajo totalmente interactivo generado a través de la tecnología. Es precisamente a finales de esta década, en 1989, cuando se propone, por parte de Jaron Lanier, el término "Realidad Virtual". A partir de principios de los años 90, los sistemas de realidad virtual se han visto enriquecidos con sensaciones del mundo real a través de estímulos visuales, auditivos y de otro tipo que afectan al usuario de manera interactiva. En octubre de 1994 surge un lenguaje denominada VRML 1.0 (Virtual Reality Modeling Language) y se basaba en un producto de la Compañía Silicon Graphics. Con posterioridad, este organismo ha sido sustituido por el VRML Consortium, entre cuyos miembros se encuentran Netscape, Microsoft, IBM o Silicon Graphics. La principal ventaja que ofrece VRML es la posibilidad de divulgación y la gran capacidad de integración que posee con el resto de recursos de Internet [3].

Actualmente se utilizan algunas aplicaciones como es VR Lessons by ThingLink; esta aplicación trae clases interactivas de ciencia, lenguaje y arte. Con esta aplicación se puede explorar, por ejemplo, el ecosistema de una región lejana. Son lecciones creadas para alumnos de primaria donde podrán aprender de una forma más lúdica diversos temas [4]. Otra aplicación es Unimersiv; se puede aprender sobre el espacio, anatomía e historia. Transporta a la época de los dinosaurios o visitar una estación espacial es posible en esta plataforma [5]. Por otra parte, esta VirTimeplace es una aplicación gratuita para teléfonos inteligentes y tabletas que te lleva a un mundo virtual 3D de lugares históricos (ciudades o edificios completos) en su mejor momento. Ramón Cózar Gutiérrez, José Antonio González-Calero Somoza (2019), aplicó en su proyecto de análisis de la motivación ante el uso de la realidad virtual en la enseñanza de la historia en futuros maestros [6]. Otra aplicación El Gran Reto VR, la primera experiencia inmersiva colectiva para alumnos de primaria, se lanzó en la Feria de Nuevas Tecnologías de Trinity College E.U y las reacciones de alumnos y profesores fueron muy positivas. Ahora es posible aprender y reforzar conceptos con esta solución de realidad virtual educativa y de contenido totalmente curricular [6]. El motivo que incitó esta investigación fue identificar la herramienta que ayude a proporcionar una estrategia de enseñanza para mejorar los aprendizajes significativos y métodos educativos, enfocada a primaria alta (4°, 5°, 6°). El propósito del presente proyecto es desarrollar una aplicación, por medio de Unity, es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies, cumpliendo los siguientes objetivos específicos: Reconocer estrategias pedagógicas que se han implementado en las investigaciones con VR, identificar las condiciones requeridas para aplicar la RV en el aula, determinar la

herramienta tecnológica de vanguardia RV para la creación del software educativo, determinar el nivel curricular de las materias geografía e historia para primaria alta, diseñar la interfaz gráfica sencilla y eficaz, diseñar y programar los componentes de la aplicación.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El desarrollo del presente proyecto se fundamenta en la metodología propuesta en [7], el cual cuenta con las siguientes etapas, ver Figura 1:

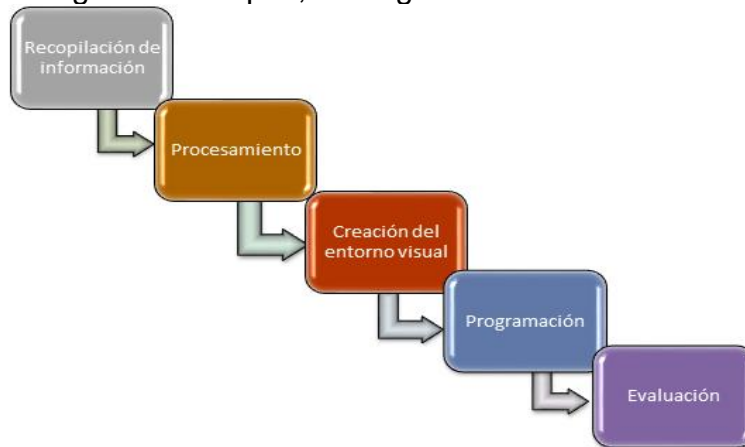


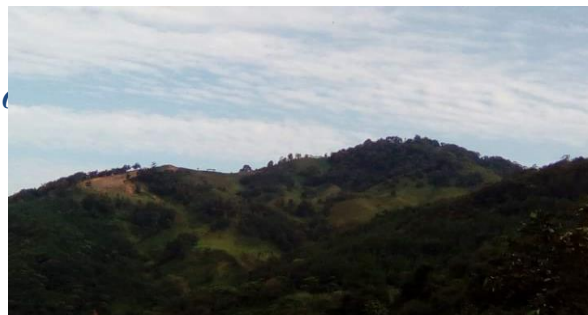
Figura 1.- Metodología del proyecto [7].

#### A) Recopilación de información

Para esta etapa se recopila la información necesaria para el mundo de la realidad virtual inmersiva, para ello se realiza un trabajo de campo, que abarca la investigación del tema en el marco curricular de geografía e historia de primaria alta, información fotográfica del entorno, los modelos tridimensionales de la fotogrametría y hardware.

- **Investigación del tema en el marco curricular de geografía e historia de primaria alta**

Para esta investigación se eligió el tema de primaria alta que imparte el Consejo Nacional del Fomento Educativo (CONAFE); “Pueblos de México y el mundo”, como parte de la materia de historia y geografía. Este tema se enfoca a los pueblos de México, que incluye su historia, cultura, costumbres, tradiciones, sus lugares emblemáticos etc. Se eligió un pueblo de la Sierra Norte de Puebla, “Cuaxicala” perteneciente al municipio de Cuaxicala y se investigó sus tradiciones, costumbres, cultura, música, etc. (Ver Figuras 1-6). Se eligió este pueblo por sus tradiciones trascendentes de la región, uno de ellos es “el baile de la nahua”, que es considerado como Memoria del Mundo por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Este baile es una parte importante de la historia de la región tanto antes como después





**Figura 2.-** Comunidad de Cuaxicala.



**Figura 3.-** Lugar emblemático, Cerro Yelotépetl.



**Figura 4.-** Tradiciones y costumbres (Fiesta patronal). **Figura 5.-** Manantiales.



**Figura 6.-** Códice de Cuaxicala.



**Figura 7.-** Códice reconocido por la UNESCO.

- **Información fotográfica del entorno**

En esta parte se realiza la toma de fotografías de la comunidad que se eligió siguiendo un patrón de toma de las fotos según el tipo de escenario a digitalizar, como es la resolución de la cámara digital de alta resolución de 13 MP. Lo recomendado es que el lente sea fijo, evitando utilizar el zoom en las fotos. Evitar las fotos difuminadas, cuidando que el valor de la apertura de la cámara sea la máxima.

- **Modelos tridimensionales de la fotogrametría**

Para generar los modelos tridimensionales se utilizó el software de fotogrametría Autopano giga, que edita imágenes en 360° y el software Adobe After Effect, para edición de videos en 360°.

- **Hardware**

Como parte de la recopilación de la información del proyecto se investigó el hardware a utilizar, se investigó sobre las GAFAS RV compatible y disponible. Para ello se eligió gafas de VR para PC Oculus Rift S.

- **B) Procesamiento**

En esta etapa se mejora, ordena y complementa la información recopilada del trabajo de campo. Las actividades que abarca consisten en la mejora de los modelos tridimensionales de la fotogrametría y procesamiento de la información multimedia. En esta parte se mejora las deficiencias de la fotogrametría si aparecen parcialmente incompletos con ayuda del software Autopano giga o Adobe After Effect.

En cuanto al procesamiento de la información multimedia, se analizó la forma de como compartir la información al usuario que puede ser oral o escrita, la oral se genera por medio de audios en formato mp3; se graba la narración de la historia de dicha comunidad y la escrita se genera con fotografías y escritos.

- **C) Creación del entorno virtual**

En esta etapa se crea las escenas por cada una de las partes que conforman la experiencia virtual. Para la realización de esta etapa se hace uso del software Unity; es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies.

- **D) Programación**

En esta etapa se desarrolla el programa de realidad virtual, se busca que el usuario pueda interactuar con el mundo creado por computadora utilizando las características que brinda la tecnología de realidad virtual. El programa permite al usuario realizar las siguientes acciones:

- Caminar dentro del mundo virtual, mientras mueve la cabeza en el mundo real con las gafas de VR; Gafas PC-Powered VR Gaming Headset.
- Trasladarse a diferentes puntos dentro de la misma escena.
- Obtener información acerca de la comunidad acerca de su historia que puede ser oral o escrita mediante un modo tridimensional.

Para la programación de las acciones anteriores se hace haciendo uso del motor de videojuegos UNITY, los elementos de esta plataforma son scripts.

- **Scripts**

Los scripts son los archivos de texto donde se escriben las líneas de código para programar acciones específicas que podrán realizar los objetos que contengan dicho script como elemento. Los scripts están programados con el lenguaje de programación C#.

Por otra parte, el equipo utilizado para que el usuario interactúe con el mundo virtual son las gafas de VR para ello se toma en cuenta un plugin y habilitar la configuración en unity **Virtual Reality SDKs**.

### **E) Evaluación**

Se aplicará una encuesta de aceptación cuyo objetivo es obtener el punto de vista del cliente y del usuario sobre la aplicación del entorno virtual.

#### *Encuesta de aceptación*

1.- ¿Qué tan satisfecho te sientes al trabajar con la aplicación de realidad virtual de la materia de geografía e historia?

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Poco satisfecho
- No satisfecho

2.- ¿Se te hizo fácil manejar esta estrategia de aprendizaje para materia de historia y geografía?

- Muy fácil de manejarlo
- Moderadamente fácil
- Poco complicado
- Muy difícil

3.- ¿Qué fue lo que más te llamo la atención de esta aplicación para aprender historia y geografía?

- Es una forma fácil de aprender, ver y escuchar los temas de historia y geografía.
- Observar las imágenes con las gafas de VR
- Fácil de aprender temas de historia y geografía
- No me llamo la atención

4.- ¿Te gustaron los colores y botones de navegar en la aplicación?

- Me gustó mucho
- Si me gusto
- Muy poco
- No me gusto

5.- ¿Te afecto físicamente o mentalmente la manipulación de esta aplicación de realidad virtual?

- Ningún afecto
- Me afecto la vista
- Mareo
- Nauseas
- Me asuste

### **Resultados y Discusión.**

La aplicación está planeado para crear un ambiente virtual incluyendo videos visuales y sonoros, así como simulaciones de la realidad. Es decir que sea una herramienta que ayude a proporcionar una estrategia de enseñanza para mejorar los aprendizajes significativos, además que sea atractiva para los niños, y que pueda con ello incrementar el aprendizaje de las materias de geografía e historia. Los resultados obtenidos con esta

metodología es la recopilación de la información: fotos, audios, videos sobre la cultura, lengua, costumbres, tradiciones, lugares emblemáticos de la comunidad de Cuaxicala. Con esta información obtenida sobre la lengua y el código de la comunidad se han hecho videos animados para promover la enseñanza.



Figura 8.- Lengua náhuatl (Buenos días).



Figura 9.- Lengua náhuatl (Buenas tardes)



Figura 10.- Códice de Cuaxicala

Además se ha aplicado la etapa de procesamiento para las imágenes para tener mejores resultados y restauración. En cuanto al resto de la metodología para la aplicación está en proceso de desarrollo, el cual busca que el usuario pueda interactuar con el mundo creado por computadora utilizando la tecnología de realidad virtual, donde puede movilizarse por las escenas que desee.

## Conclusiones.

Se han implementado algunas aplicaciones similares con anterioridad, tomando como base la metodología utilizada, los cuales han dado resultado positivo dado que presenta retroalimentación por parte del cliente y del usuario. Es por ello que se pretende realizar una aplicación que ayude a proporcionar una estrategia de enseñanza para mejorar los aprendizajes significativos para los niños en las materias de geografía e historia, es decir que la enseñanza sea más atractiva para los niños, y que puedan con ello incrementar el aprendizaje de las materias mencionadas.

## Agradecimientos.

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Maestría en Tecnologías de la Información del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este trabajo.

## Referencias

1. A. Nuño (2017). México tiene 30 millones de personas en rezago educativo. Recuperado 23 de marzo de 2021, de <https://www.forbes.com.mx/mexico-30-millones-personas-rezago-educativo/>
2. R., H. J., Otón, S., & Martínez, a. (2017). Aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza a través de Internet. 8. Recuperado el 27 de 04 de 2020, de [https://www.researchgate.net/publication/28076459\\_Aplicacion\\_de\\_la\\_Realidad\\_Virtual\\_en\\_la\\_ensenanza\\_a\\_traves\\_de\\_Internet](https://www.researchgate.net/publication/28076459_Aplicacion_de_la_Realidad_Virtual_en_la_ensenanza_a_traves_de_Internet)
3. J. A. Flores, P. Camarena, E. Avalos. La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería, Revista de innovación educativa, 2014, Vol. 6, Pp. 86-99.
4. Miente Gabriela (2019), El futuro del aprendizaje: ¿Cómo aplicar la realidad virtual en la educación? Recuperado 11 de marzo de 2020, de <https://rockcontent.com/es/blog/realidad-virtual-en-la-educacion/>
5. Unimersiv (2019). Aprende y entrena con Realidad Virtual. Recuperado 23 de marzo de 2021, <https://unimersiv.com/>
6. R. Cózar, S. González, R. Villena, J. Merino. Análisis de la motivación ante el uso de la realidad virtual en la enseñanza de la historia en futuros maestros. Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 2019, Vol. 68, Pp. 1-14.
7. M. A. Burgos, B. Castañeda. Realidad virtual para la mejora de las experiencias de turismo, educación y difusión de proyectos de investigación en construcciones históricas (Tesis Licenciatura). Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## USO DE UN SIMULADOR DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS SOBRE LA PLATAFORMA DE UBUNTU

**S. Espinoza Salgado, N. J. Ontiveros Hernández, J. A. Peña Ramírez, M.H. Tiburcio Zúñiga.**

*Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27 C.P.  
62780 Zacatepec, Morelos, México*

*Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
{socrates.es. norma.oh, jesus.pr, mario.tz} @zacatepec.tecnm.mx.*

*Área de participación: Sistemas computacionales*

**Resumen:** El presente proyecto fue ideado como una estrategia del proceso enseñanza-aprendizaje del alumno mediante la computación, el cual le permitirá interactuar con las funcionalidades del simulador de programa en el sistema operativo de Linux.

Durante la realización del proyecto, se investigaron diferentes simuladores de circuitos electrónicos para conocer sus diferentes funcionalidades

El simulador que se eligió fue el KTechlab, el cual se utilizará para desarrollar prácticas de circuitos eléctricos y electrónicos, arquitectura de computadoras y sistemas programables de forma virtual.

### **Introducción.**

Un circuito eléctrico es una interconexión que tienen dos o más componentes (discretos o integrados) en una ruta cerrada, estos componentes pueden ser: cables, resistencias, condensadores, interruptores, fuentes (de voltaje o corriente), semiconductores de estado sólido, circuitos integrados, etc.



Los circuitos eléctricos y electrónicos son representados mediante diagramas, los cuales son esquemas que muestran de modo gráfico las conexiones entre los componentes entre sí.

Para construir físicamente un circuito eléctrico y/o electrónico, el alumno debe de conseguir los materiales necesarios (cables, componentes, fuentes, etc.) implicando fuertes gastos económicos, sin embargo, si se utiliza un simulador de circuitos, la construcción de los circuitos es más “flexible” entre otras ventajas.

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

### **Marco Teórico**

**Circuito electrónico:** Es la trayectoria en el que dos o más componentes se conectan entre ellos mediante conductores (cables o alambres) para recibir y enviar señales de corriente eléctrica.

**Generador de corriente eléctrica:** También conocido simplemente como pila, es la fuente de alimentación del circuito electrónico que genera voltaje a terminales permitiendo el desplazamiento de los electrones por el circuito electrónico.

**Conductores:** Son las conexiones que llevan la corriente eléctrica a otros componentes de los circuitos electrónicos, mediante cables y/o alambres.

**Interruptor:** Son dispositivos de control los cuales ceden o impiden el paso de corriente eléctrica en los circuitos electrónicos.

**Receptor:** Son los componentes encargados de recibir y transformar la corriente eléctrica en otro tipo de energía como luz, calor.

**Placa de circuito integrado:** Conocido también por las siglas PCB (Printed Circuit Board) es un circuito impreso que funciona como soporte físico donde se instalan los componentes electrónicos para interconexión dichos componentes pueden ser condensadores, resistencias, diodos, conectores, etc., Los componentes eléctricos en ocasiones deben ir en la zona externa de los PCB e instalados en ambas caras para aprovechar su extensión.

El modo de creación de las PCB se realiza mediante software de diseño, donde se trazan las pistas eléctricas, así como etiquetas para identificar conectores y enumerar componentes instalados.

Una vez hecho el prototipo de la placa en software esta se imprime mediante tinta indeleble, técnica de planchado (impresión láser, papel termotransferible) y serigrafía.

**Simulador de circuitos:** El simulador KTechlab es un entorno de desarrollo integrado para el diseño de circuitos eléctricos y microcontroladores de código abierto bajo términos de GNU GPL. Está hecho para funcionar en el sistema operativo de Linux, dispone de auto ruteo, simulación de componentes eléctricos comunes y elementos lógicos.

Se encuentra escrito en C++, la última versión estable que ha salido de KTechlab es la versión 0.3.7.

Se le atribuye su creación a David Saxton, el cual trabajo en su desarrollo desde 2007 con la creación de ideas e implementación de los actuales códigos desarrollados por él.

#### **Desarrollo:**

- a. Instalación del sistema Ubuntu: Se instaló una versión de Ubuntu Linux donde será la plataforma del proyecto
- b. Investigación de simuladores de circuitos eléctricos y electrónicos de licencia libre, se eligió KTechlab y se instaló.
- c. Análisis, desarrollo e implementación de prácticas de laboratorio con KTechlab para las materias de **principios eléctricos y aplicaciones digitales, arquitectura de computadoras y sistemas programables**, del plan de estudios de la carrera en ingeniería en sistemas computacionales del TecNM.

Durante el desarrollo de este proyecto de implementaron tres circuitos eléctricos y electrónicos. **a)** análisis de respuesta natural de un circuito RLC, **b)** implementación de un generador de pulsos de reloj y **c)** implementación de un microcontrolador PIC, con el propósito de mostrar la funcionalidad del KTechlab.

#### **a). Análisis de respuesta natural de un circuito RLC.**

La respuesta natural de un circuito con un resistor, un inductor y un capacitor (R, L, C) puede tomar tres formas diferentes, dependiendo de los valores específicos de sus componentes.

La ecuación característica del circuito R, L, C, es:

$$s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = 0 \quad (1)$$

Dependiendo del valor de las raíces de la ec. 1, se tienen tres casos:

1. **Sobreamortiguado**, raíces reales y diferentes.
2. **Críticamente amortiguado**, raíces reales e iguales.
3. **Subamortiguado**, raíces complejas conjugadas.

#### **b). Implementación de un circuito generador de pulsos de reloj.**

En este caso se implementará un circuito electrónico utilizando el CI 555 junto con otros componentes pasivos.

#### **c). Implementación de un microcontrolador PIC.**

El microcontrolador PIC a utilizar es el PIC 16F84A.

#### **Resultados y Discusión.**

El primer circuito que se implemento para realizar el **análisis de respuesta natural es un circuito RLC** como se muestra en la figura 1.

Los resultados obtenidos con KTechlab fueron buenos, por lo que este simulador es adecuado para simular los circuitos de tipo eléctrico.

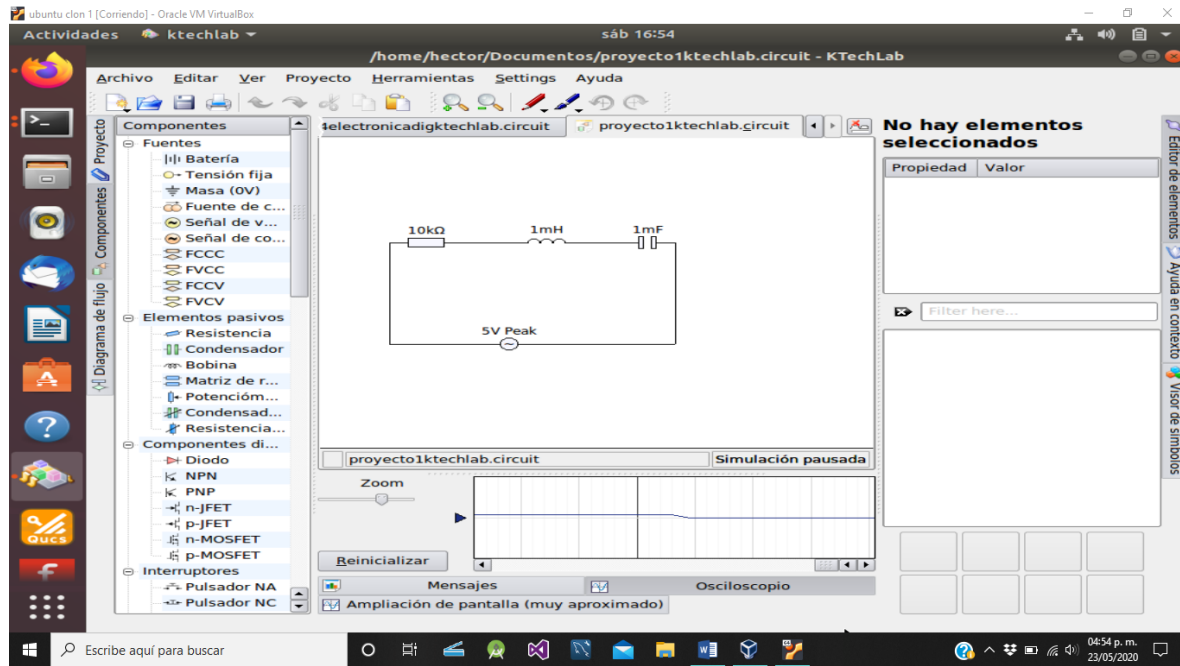


Figura 1. Circuito eléctrico RLC.

En el segundo circuito se utiliza un CI 555 para generar pulsos de reloj (generador de onda cuadrada, ver figura 2).

Los resultados obtenidos con KTechlab fueron buenos, por lo que este simulador es adecuado para simular circuitos de tipo electrónico.

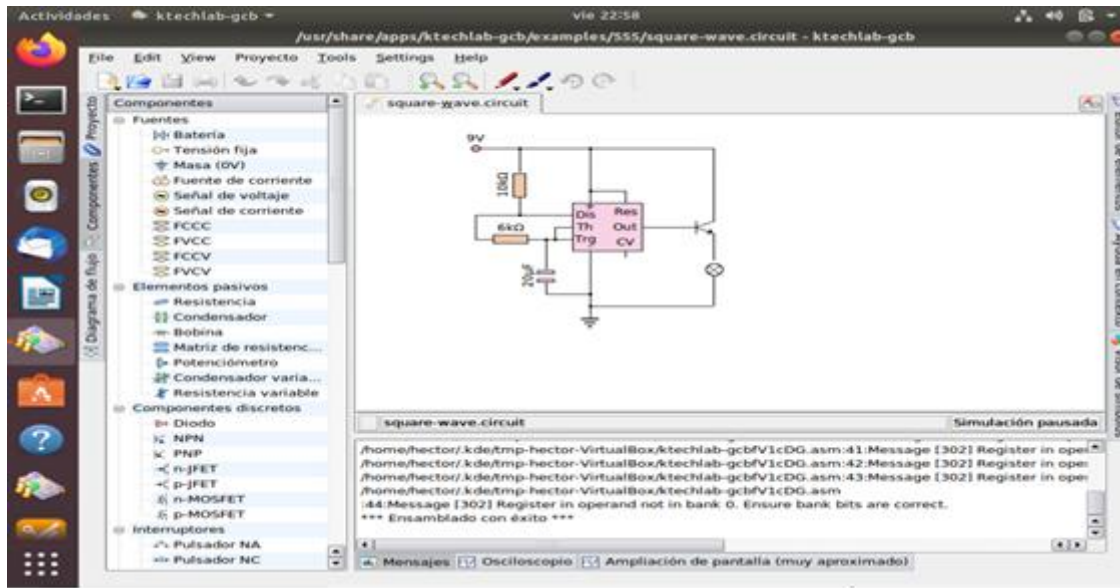
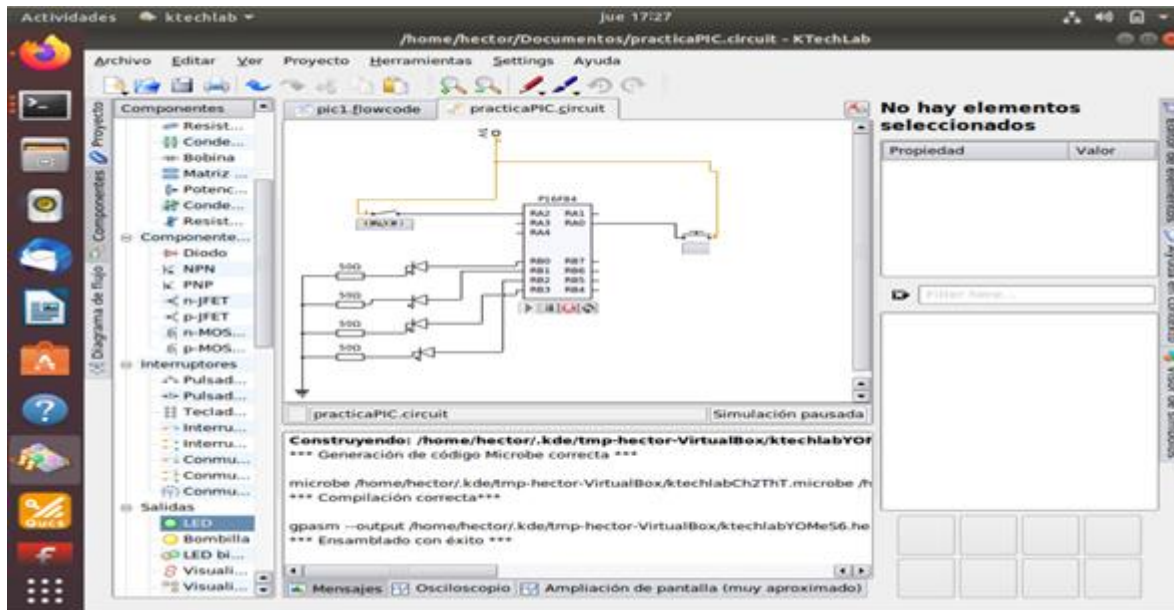


Figura 2. Circuito electrónico utilizando el CI 555.

El tercer circuito implementado es un microcontrolador PIC 16F84A, el cual se programó para encender secuencialmente 4 leds, tal como se muestra en la figura 3, por lo que también es adecuado para resolver problemas de **arquitectura de computadoras**.



Los microcontroladores PIC se encuentran en diversos aparatos electrónicos tales como en microondas, refrigeradores, mandos a distancia hasta automóviles y aviones. Con respecto al PIC 16F84A, se pueden desarrollar diversos proyectos y/o prototipos (robots con sensores, contadores, decodificadores, etc.), el PIC 16F84A puede ser programado en el simulador por medio del lenguaje ensamblador (bajo nivel) y en C (alto nivel).

## Conclusiones.

El simulador KTechlab cumple con los requisitos para el desarrollo en simulación de prácticas de laboratorio para las asignaturas de: i) **principios eléctricos y aplicaciones digitales**, ii) **arquitectura de computadoras** y iii). **Sistemas programables**, por lo que este simulador es una herramienta virtual útil para implementar estrategias en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## Agradecimientos.

El presente artículo, forma parte de un proyecto de investigación educativa aprobado con clave de registro ITF-ZCTP-PIE-2019-0234, de la dirección de docencia e innovación educativa del TecNM.

## Referencias.

1. <https://sourceforge.net/projects/ktechlab/>
2. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/circuitos-electricos.html>
3. <https://cdmxelectronica.com>
4. Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky. (2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. México: Pearson Educación.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## DISEÑO NAVEGACIONAL DE UNA APLICACIÓN DE COMPRAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO WEB OOHDM

**Inq. Mauricio Díaz Cabrera<sup>1</sup>, MTI. Rafael Hernández Reyna<sup>2</sup>, Dra. Mercedes Hernández de la Cruz<sup>3</sup>,  
Dra. Miriam Martínez Arroyo<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ IT Acapulco. Estudiante de la Maestría Profesionalizante en Sistemas Computacionales Av. Instituto Tecnológico s/n Crucero del Cayaco C.P. 39905 [mm19320004@acapulco.tecnm.mx](mailto:mm19320004@acapulco.tecnm.mx) <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/ IT Acapulco. Av. Instituto Tecnológico s/n Crucero del Cayaco C.P. 39905 [rafael.hr@acapulco.tecnm.mx](mailto:rafael.hr@acapulco.tecnm.mx) <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/ IT Chilpancingo. Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, C.P. 39090 [mercedes.hd@chilpancingo.tecnm.mx](mailto:mercedes.hd@chilpancingo.tecnm.mx) <sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México/ IT Acapulco. Av. Instituto Tecnológico s/n Crucero del Cayaco C.P. 39905 [miriam.ma@acapulco.tecnm.mx](mailto:miriam.ma@acapulco.tecnm.mx)

**Área de participación:** Desarrollo de software

### Resumen.

En este artículo se presenta el desarrollo del diseño navegacional para una aplicación de compras, dicho diseño se basa en la propuesta que expone la Metodología de Diseño de Hipermedia Orientada a Objetos (OOHDM), para el desarrollo de aplicaciones Web. El diseño navegacional es un artefacto necesario para comprender la dinámica de navegación de un sitio o una aplicación Web, tal comprensión se logra, a través de componentes como son nodos, enlaces, índices y visitas guiadas a manera de contextos navegacionales. A pesar de que existen un número considerable de metodologías, OOHDM representa una opción con resultados satisfactorios para el desarrollo Web, los cuales quedan demostrados en este documento.

**PALABRAS CLAVE:** Metodología de Diseño de Hipermedia Orientada a Objetos, OOHDM, Metodologías de Desarrollo Web.

### Introducción.

Actualmente, el desarrollo de sitios y aplicaciones Web ha crecido, cada vez existe una mayor demanda en este sector, sin embargo, los desarrolladores no siguen una metodología orientada específicamente a la creación de productos asociados con la Web.

Por lo tanto, se han desarrollado una serie de metodologías para el modelado de aplicaciones Web que pretenden resolver problemas en el rubro, sin embargo, existe un gran número de propuestas con complejidades diferentes.

Las metodologías surgen como guías para realizar acciones propias de un desarrollo, permiten identificar que hacer y cómo reaccionar ante algún evento antes, durante y después del desarrollo.

De acuerdo con Molina Rios et. al.(Rolando Molina Rios, 2017), en su análisis del estado del arte de las metodologías de desarrollo Web, la metodología OOHDM se destaca como la mejor opción, ya que se adapta al desarrollo ágil y preciso para la creación de aplicaciones Web.

Este documento tiene como objetivo principal demostrar un proceso de desarrollo Web que asegure las mejores prácticas, tomando como referencia el desarrollo de una aplicación Web de compras. El cual se estructura de la siguiente manera: primero mostrando la literatura consultada, en donde se propone un marco teórico con los conceptos de la metodología OOHDM y los diagramas UML que se utilizarán después



en el desarrollo; enseguida, se ofrece un recorrido a través de las fases del desarrollo hasta la creación del diseño navegacional y los artefactos que se crean en cada una de estas, para finalmente; detallar las conclusiones del desarrollo.

### Fundamento Teórico.

#### OODHM.

Esta metodología, proporciona un amplio conjunto de posibilidades para realizar el modelo de la aplicación, y lo más importante es que permite adaptarlo a las necesidades que surjan a lo largo del desarrollo, además el hecho de utilizar para su modelado el paradigma orientado a objetos.

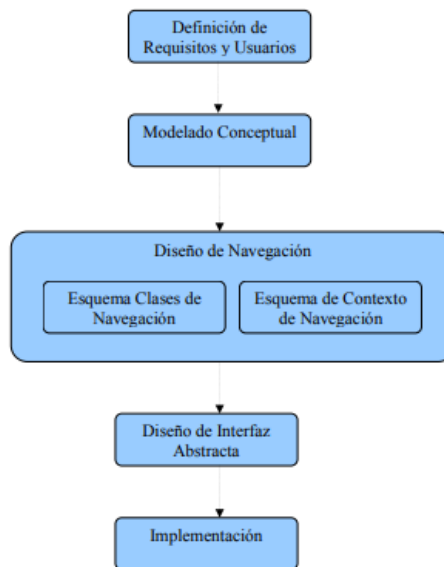


Figura 1 Actividades de la Metodología OOHDM. (Álvarez, 2011)

Como se observa en la figura 1 el desarrollo de la metodología OOHDM se logra a través de cinco fases y comienza con la definición de los requisitos del sistema y los usuarios del mismo, terminando con su implementación.

#### Desarrollo.

Para el siguiente desarrollo se tomará como referencia solo el usuario Administrador ya que como súper usuario representa el uso y acceso de todas las funciones del sistema Web.

#### Descripción de la aplicación.

Se desarrollará una aplicación web que se encargue del proceso de compras, solo hasta el proceso en el que se genera una cotización aprobada, la cual es equivalente a una orden de compra y la emisión de un documento que figure como póliza del gasto por la orden de compra. Todo el proceso de la recepción de los bienes no estará contemplado. La estructura básica será, crear una requisición de compra, la cual se transformará en

una o varias cotizaciones de compra, que, a su vez, deberán ser aprobadas o rechazadas para finalmente transformarse en una orden de compra, respaldada por una póliza egreso que cubra el gasto. Por otra parte, la aplicación también deberá gestionar los catálogos de usuarios, proveedores, productos y categorías de productos de manera clara y segura.

### Definición de los usuarios del sistema.

**Administrador:** Encargado de la administración de los parámetros básicos de la aplicación y de que esta funcione de manera correcta, por ejemplo -- la gestión de los usuarios del sistema.

### Requisitos Funcionales.

- i. Acceder a la aplicación mediante un usuario y contraseña.
- ii. Acceder a todos los módulos del sistema.
- iii. Navegar entre módulos con facilidad, pudiendo acceder de manera rápida a cada uno de ellos.
- iv. Acceder y administrar toda la información de los usuarios y proveedores de la aplicación.
- v. Acceder y administrar toda la información de los productos incluyendo su categoría.

### Requisitos de Información.

- i. Toda la información de requisiciones, cotizaciones, órdenes de compra, usuarios, proveedores, productos y categorías de productos.

### Diagrama de Usuarios

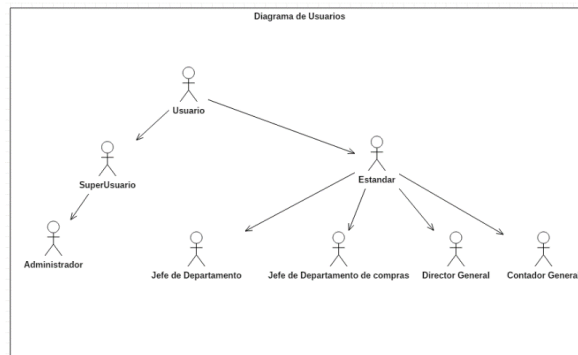


Figura 2 Diagrama de Usuarios de la Aplicación de Compras. Elaboración propia.

La figura 2 representa la jerarquización de los usuarios de la aplicación de compras, en ella encontramos dos tipos principales de usuarios, los usuarios estándar y el superusuario, la intención es representar gráficamente el nivel de acceso a los módulos que tendrá cada tipo de usuario y de su nivel abstracto de navegación.

## Modelo Conceptual.

Según Álvarez (Álvarez, 2011), en esta fase se construye el modelo de dominio de aplicación haciendo uso del modelado orientado a objetos, con notación similar a UML. El entregable de esta fase es el esquema conceptual, que muestra las clases y las relaciones de dominio.

En la figura 3 se muestra el esquema conceptual de la aplicación Web de compras, en donde se ha hecho uso de los mecanismos de abstracción de UML, tales como la generalización y la agregación. Dichos mecanismos muestran de manera más clara las relaciones entre clases.

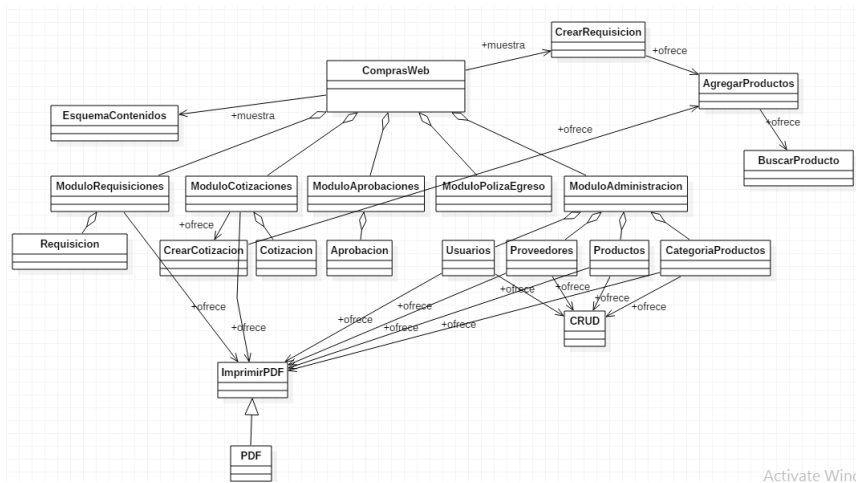


Figura 3 Diagrama Conceptual de la Aplicación Web de Compras. Elaboración propia.

## Modelo Navegacional.

Es aquí en donde los objetos de navegación se obtienen, teniendo como base el esquema conceptual, dichos objetos se definen como los nodos, enlaces y anclas para representar el diagrama de clases de navegación, sin embargo; cabe la posibilidad de que sea necesario añadir algunas clases nodos y/o atributos que permitan representar mejor el modelo de navegación de la aplicación. (Álvarez, 2011)

### Diagrama de clases de navegación.

Es en la figura 4 en donde se muestra a detalle la estructura navegacional de la aplicación, se representan los enlaces, los nodos y los atributos de los nodos, aun en esta fase no se determina cómo será la interfaz con respecto a su diseño. Este diseño abstracto permite que el impacto que se produzca por algún cambio en el diseño sea mínimo o no afecte la estructura de la navegación.



### Diagramas de contexto de navegación.

La figura 5 muestra el diagrama de contexto para el caso del usuario administrador. Aquí, cada contexto recorre el nodo *Esquema de Contenidos*, el cual muestra los módulos a los que es posible acceder. Este *Esquema de Contenidos* contiene un índice de módulos que permite al usuario acceder a cada módulo del sistema, dentro de este esquema también se presenta el modulo *Crear Requisición*, este, sin embargo, a pesar de estar dentro del esquema de contenidos no representa una estructura de acceso sino un acceso simple a la interfaz necesaria para crear una requisición. Prácticamente un usuario administrador tiene acceso a todos los módulos e interfaces de la aplicación.

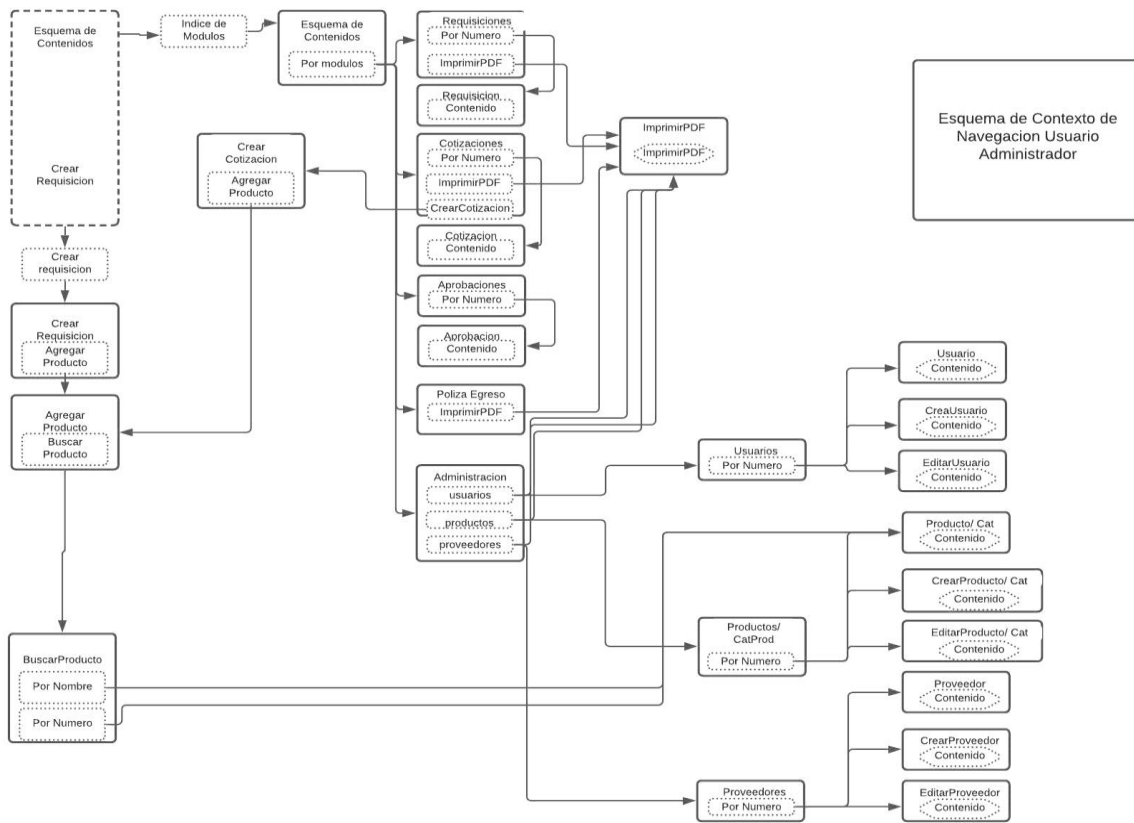


Figura 5 Diagrama de Contexto de Navegación Usuario Administrador. Elaboración propia.

### Conclusiones.

El uso de la metodología OOHDM en este documento, permitió experimentar de cerca lo apropiada que es para el desarrollo de aplicaciones Web, en un ambiente de diseño de interfaces de usuario, ya que permite hacer una separación del diseño y el desarrollo. Es posible compararla con la metodología RUP, por el nivel detalle que las dos metodologías ofrecen. Por otra parte, OOHDM brinda una clara identificación de los diferentes niveles de abstracción del diseño, independientemente de la implementación, la representación gráfica y simbología que se usa para realizar los diseños, son bastante fácil de comprender y de realizar.

Así es como se concluye, que la metodología OOHDM es una excelente opción para el desarrollo de aplicaciones Web sencillas y complejas, pues permite la documentación del proceso de desarrollo, lo que implica una fácil comprensión del proyecto y se implementación

### **Agradecimientos.**

Un sincero agradecimiento al Tecnológico Nacional de México campus Acapulco y campus Chilpancingo, en especial la División de Estudios de Posgrado e Investigación, dirigida por el Dr. Eduardo de la Cruz Gámez, por su apoyo y la excelente asistencia técnica que fue brindada para la redacción de este artículo. También se extiende un agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su soporte para este desarrollo.

### **Referencias Bibliográficas.**

1. Álvarez, H. A. (2011). "Estudio de una metodología para el desarrollo de aplicaciones hipermedia educativas accesibles" UIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID,
2. Rolando Molina Rios, P. Z. O., María Contento Segarra, Fabricio García Zerda. (2017). Estado del arte: Metodologías de desarrollo en aplicaciones Web. *3C Tecnología.*, 6, 54-71.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## DEFLECTORES, ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA MITIGACIÓN DE OVERTOPPING EN ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN EN PUERTOS

J. M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, J. E. Flores-Álvarez<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [jose.rc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.rc@zacatepec.tecnm.mx)

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Transporte, Carretera El Colorado - Galindo Km. 12 Col. San Fandila, Pedro Escobedo, Qro - [jflores@imt.mx](mailto:jflores@imt.mx)

**Área de participación:** Estructuras y obras civiles

**Resumen:** Las actividades marítimas en México, son un factor indispensable para el desarrollo nacional; pues el intercambio de mercancías y el transporte marítimo juegan un papel importante en la economía de cualquier país. México, se encuentra situado en una zona estratégica comercialmente hablando, por lo que, lo convierte en un vínculo necesario del comercio mundial. Los puertos son fundamentales en el crecimiento de cualquier nación, ya que en ellos se llevan a cabo actividades de comercio marítimo, industrial, pesquero, turístico, entre otros; convirtiéndose en oportunidades de desarrollo.

Dentro del Recinto Portuario, existen diferentes obras de gran relevancia y entre las que se encuentran las obras de protección; siendo éstas las encargadas de mantener resguardadas las instalaciones dentro del Puerto ante las solicitaciones del mar como lo es el oleaje. Por lo que estas, deben ser estudiadas, diseñadas y modeladas de forma física y mediante softwares especializados (computacional); siendo uno de sus principales puntos de estudio el comportamiento de la misma respecto al overtopping (rebase de la ola). Actualmente el rebase del oleaje en las obras de protección en los puertos se ha incrementado debido a que los fenómenos atmosféricos cada vez son de mayor intensidad y duración, incrementándose la fuerza del oleaje y daños que podría causar a las obras de protección costeras y portuarias. Motivos por los que se realizaron investigaciones y propuestas para minimizar el overtopping en las estructuras de protección de los puertos.

**Palabras clave:** overtopping, rompeolas, modelo físico.

### Introducción.

El rebase del oleaje (overtopping) es uno de los parámetros más importantes del oleaje que se debe de tomar en cuenta en estudios para diseñar estructuras contra la acción del mar, como el oleaje, las corrientes y el transporte litoral; el estudio de estos fenómenos sobre la cara de las estructuras de protección, es de suma importancia, ya que influyen en las dimensiones de las obras costeras y portuarias. Por lo que la condición básica para el dimensionamiento del rompeolas es determinar el ascenso del oleaje sobre el talud de esta estructura, para evitar la transmisión de la ola por encima de ella, pero en presencia de algún fenómeno meteorológico de importancia, como una tormenta tropical o huracán, se debe diseñar el rompeolas o la estructura de protección con una mayor seguridad para resistir las solicitaciones presentadas. Hay obras de protección que fueron construidas hace varias décadas, inclusive, hace ya alrededor de un siglo, la condición de no rebase para las que fueron diseñadas ya no es funcional, debido al deterioro que la estructura ha tenido por la acción del mar, y por lo que es necesario hacer estudios hidráulicos para ofrecer alternativas de solución a estas obras, que les permita seguir vigentes y funcionales como cuando fueron construidas; por lo que se realizó una investigación y modelación física de deflectores de oleaje, mismos

que fueron investigados, diseñados y modelados para minimizar el rebase del oleaje (overtopping) sobre los rompeolas y evitar daños dentro del recinto portuario.

### **Sección Experimental y Fundamento Teórico.**

Los puertos más importantes en México presentan cotas de coronamiento relativamente bajas, por lo que hace necesario proponer estructuras complementarias para garantizar su protección contra el oleaje y mantener su funcionalidad. Las estructuras de protección de que disponen estos puertos se ven amenazados constantemente en época de huracanes por los diversos efectos del oleaje, como lo son el ascenso y descenso máximo de éste, y el rebase del oleaje por encima de dichas estructuras, lo que ocasiona daños directos e indirectos a las obras de protección y a los puertos que resguardan. Lo que motivó el desarrollo de los presentes trabajos para obtener el estudio experimental de obras complementarias de protección para los sistemas portuarios y garantizar así que estos sean seguros y confiables para los usuarios del mundo, y atraer el intercambio de mercancías, lo que contribuiría al país en una mayor derrama económica.

La parte experimental del estudio fue realizada en el Laboratorio de Ingeniería Hidráulica de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco, para lo cual se utilizó el canal de tipo angosto a una escala de 1:40. Se construyó un modelo físico reducido de rompeolas y deflectores de oleaje, mismos que fueron diseñados y ensayados con diferentes formas geométricas de deflector, cuantificándose el volumen de rebase del oleaje y los daños y comportamientos presentados.

Dentro de las actividades desarrolladas para llevarse a cabo los ensayos correspondientes, podemos mencionar los siguientes: habilitado del canal de oleaje angosto; habilitado del amortiguador de oleaje; mantenimiento al acero del marco del amortiguador; construcción del fondo del canal; pintado del fondo del canal con pintura especial para alberca; limpieza de las paredes de acrílico; fabricación de un depósito de acrílico con el propósito de captar el volumen de agua del rebase del oleaje; obtención del material de enrocamiento para las diferentes capas del rompeolas convencional; trazo de la sección del rompeolas, escantillones; pintado de las rocas de la capa de coraza; colocación de las diferentes capas del rompeolas apoyándose del depósito de acrílico.

La construcción de los deflectores de oleaje se inició con el previo análisis de las formas geométricas más usadas y factibles que se utilizan en los principales puertos alrededor del mundo. Primero se propuso una base de 6.50 m. (prototipo) o de 16.25 cm. en el modelo, una altura de pie de deflector de 2 cm. en el modelo que representara medio metro en el prototipo, un ancho en la parte superior de 1.04 m. (en prototipo) o de 2.6 cm. en el modelo y un radio de curvatura de 10.05 cm. en el modelo; siendo la escala utilizada para este estudio de 1:40.

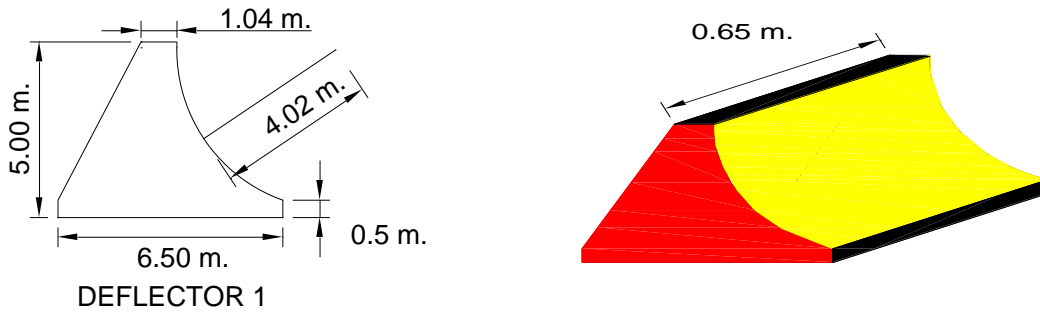


Figura 1. Sección del deflector número uno.

La construcción de la segunda sección de deflector se hizo incrementando el radio de curvatura de la parte frontal del deflector como se muestra en la figura 2, para lo cual se amplió la parte superior del deflector al doble y se propuso una parte frontal superior de 0.86 m. (en prototipo) o de 2.15 cm. en modelo, respetándose el alto del pie del deflector.

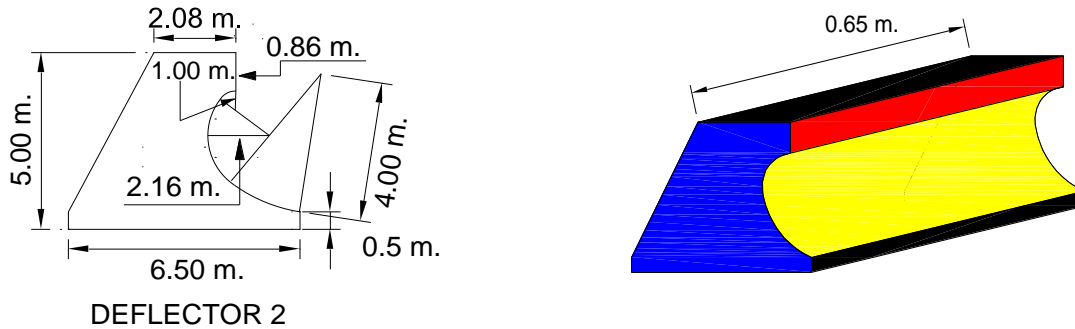


Figura 2. Sección de deflector número dos.

La construcción de la tercera sección de deflector, se realizó con una nueva propuesta de radios de curvatura. Para esta sección se incrementó el ancho de la parte superior del deflector y de la parte frontal, respetándose de nueva cuenta el alto del pie del deflector y el ancho y el alto de la estructura.

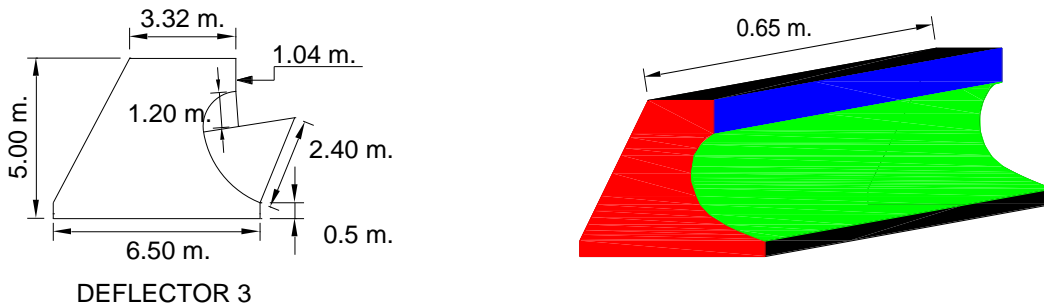
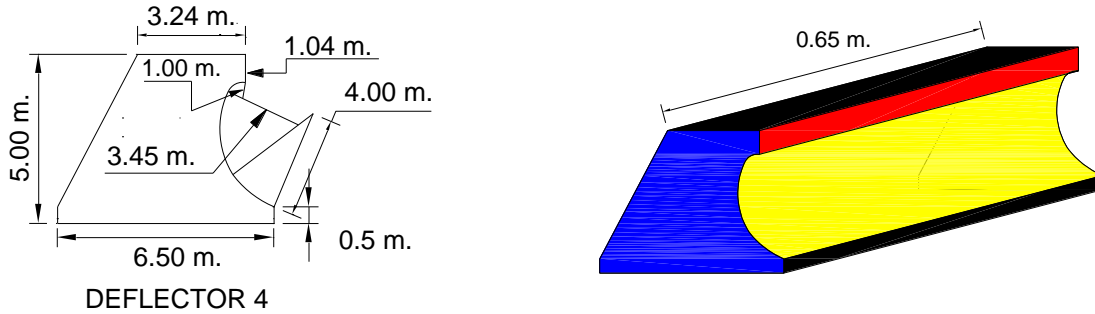


Figura 3. Sección de deflector número tres.

Para la construcción de la cuarta sección del deflector se realizó proponiendo de nueva cuenta tres radios de curvatura (basado en las observaciones de los ensayos anteriores) y disminuyendo el ancho de la parte superior del deflector, para lograr así menos

concauidad de la forma, se respetó la dimensión de las partes frontales (inferior y superior) al igual que el ancho y el alto de la estructura.



DEFLECTOR 4  
**Figura 4. Sección de deflector número cuatro.**

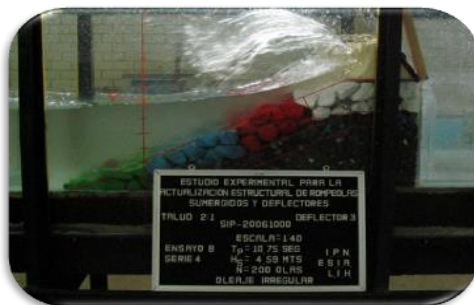
Posteriormente, se realizaron los ensayos de prueba correspondientes para observar y verificar el comportamiento. Todo esto con el fin de corregir las fallas que se pudieran detectar. Se calculó la cantidad de agua que rebasaba la estructura, esto haciendo mediciones con cubetas graduadas y obteniendo el total de litros por ensayo. El programa de ensayos se realizó de acuerdo a las características esenciales del software con que se cuenta en el laboratorio. Para la generación de oleaje se requiere se adecue a las condiciones representativas de la naturaleza. Las siguientes imágenes muestran algunos de los ensayos realizados.



**Figura 5. Ensayo 11, serie 2, con deflector número 1.**



**Figura 6. Ensayo 11, serie 3, con deflector número 2.**



**Figura 7. Ensayo número 8 de la serie 4, deflector número 3.**



**Figura 8. Ensayo número 11 de la serie 5, deflector número 4.**

Ya concluidos los ensayos, se procedió a realizar el procesamiento y análisis de resultados, con el fin de obtener los gastos de rebase de oleaje principalmente, y determinar el número de olas que rebasan a la estructura correspondientes a cada ensayo. Por otro lado, los gastos del rebase del oleaje obtenidos por las mediciones hechas durante los ensayos, se compararon con los cálculos hechos con tres de los criterios localizados en el estado del arte de los siguientes investigadores: [Coastal-VanderMeer, 1992], [Coastal-Juhl, 1994], [Coastal-Hebbsgaard, 1998].

1. Owen:  

$$Q = Q^* (g \cdot T_m \cdot H_s)$$

$$Q^* = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot R^*}{r}\right)}$$

2. Van der Meer:  

$$\frac{q}{\sqrt{g H_s^3}} \sqrt{\frac{S_{op}}{\tan \alpha}} = 0.06 e^{\left(-5.2 \frac{R_c}{H_s} \sqrt{\frac{S_{op}}{\tan \alpha}}\right)}$$

3. Jorge Juhl y Peter Sloth:  

$$Q = Q^* \sqrt{g \cdot H_s^3}$$

$$Q^* = K_1 \cdot \ln(S_p) \cdot e^{\left(\frac{k_2 \cdot C}{r H_s}\right)}$$

$$C = a^{0.3} (2R_c + 0.35b)$$

Donde:

Q = Descarga específica (m<sup>3</sup>/s/m); Q\* = Dimensión menor de la descarga específica.  
 R\* = Elevación menor de la estructura por encima del nivel del agua (freeboard).  
 r = Factor de reducción que va de 0 a 1, según la rugosidad de la pendiente, en este caso se toma el valor de 1; A y B = Coeficientes experimentales; T<sub>m</sub> = Periodo medio, obtenido del tren de ola; H<sub>s</sub> = Altura de ola significativa, obtenida del tren de ola; q = Descarga promedio del rebase del oleaje (m<sup>3</sup>/s/m); g = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>); R<sub>c</sub> = Elevación de la estructura por encima del nivel del agua (freeboard); S<sub>op</sub> = Esbeltez de ola con periodo pico T<sub>p</sub>; α = Angulo del talud de la estructura con respecto a la horizontal; k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> = constantes (-0.3 y -1.6 respectivamente).

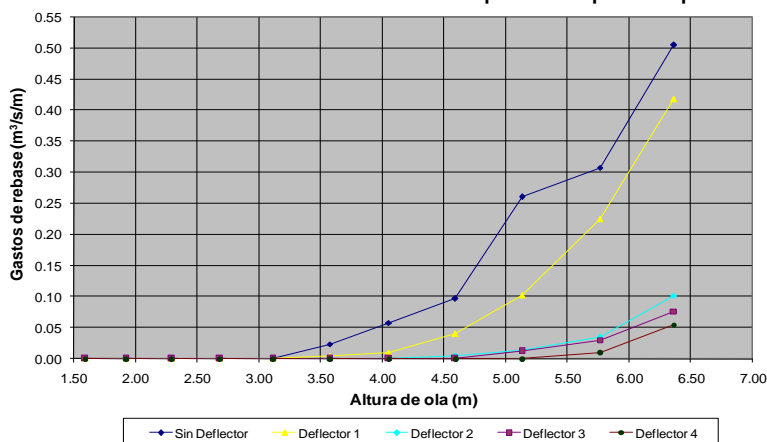
**Resultados y Discusión.**

Con las ecuaciones antes mencionadas, se calculan los gastos de rebase de oleaje, presentándose sus resultados en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Gastos de rebase obtenidos con las fórmulas de Owen (1980), Van der Meer (1992) y Jorgen Juhl (1994).**

Señal	Altura de ola(P) (m)	Q reb. sin def.(P) (m <sup>3</sup> /s/m)	Q reb. def. 1 (P) (m <sup>3</sup> /s/m)	Q reb. def. 2 (P) (m <sup>3</sup> /s/m)	Q reb. def. 3 (P) (m <sup>3</sup> /s/m)	Q reb. def. 4 (P) (m <sup>3</sup> /s/m)	Q Owen 1980	Q Van der Meer 1992	Q Jorgen Juhl 1994
1	1.59	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00376	0.00000	0.00002
2	1.92	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00672	0.00000	0.00019
3	2.29	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01072	0.00000	0.00134
4	2.68	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01551	0.00001	0.00611
5	3.11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02114	0.00002	0.02152
6	3.57	0.02347	0.00407	0.00000	0.00000	0.00000	0.02745	0.00005	0.06059
7	4.05	0.05774	0.01031	0.00000	0.00000	0.00000	0.03612	0.00013	0.14376
8	4.59	0.09657	0.03979	0.00412	0.00000	0.00000	0.04345	0.00027	0.30761
9	5.13	0.26113	0.10198	0.01334	0.01274	0.00000	0.05082	0.00050	0.57051
10	5.76	0.30786	0.22536	0.03479	0.02997	0.01024	0.05886	0.00090	1.02789
11	6.36	0.50552	0.41792	0.10165	0.07657	0.05456	0.06654	0.00147	1.63919

Cuando se terminó de procesar la información de los resultados arrojados de los ensayos, se procedió a hacer un análisis de estos, con el fin de realizar gráficas que expliquen mejor los resultados de una forma más clara y objetiva. Por ejemplo, en la siguiente gráfica (ver figura 9), se muestra en el eje de las ordenadas los gastos de rebase medidos contra las alturas de ola incidente para el prototipo.



**Figura 9. Gráfica del Gasto de rebase vs. Altura de ola significativa.**

En esta gráfica se puede apreciar que los gastos de rebase disminuyen de acuerdo con el deflector colocado sobre el rompeolas, desde los gastos obtenidos de los ensayos sobre la estructura sin deflector, hasta los gastos mínimos obtenidos por la implementación del deflector cuatro.

También se tiene la realización de las gráficas que permiten relacionar los gastos medidos con los gastos calculados de acuerdo a las ecuaciones anteriores. Por lo que se tienen para cada deflector las siguientes (ver figuras 10, 11 y 12):



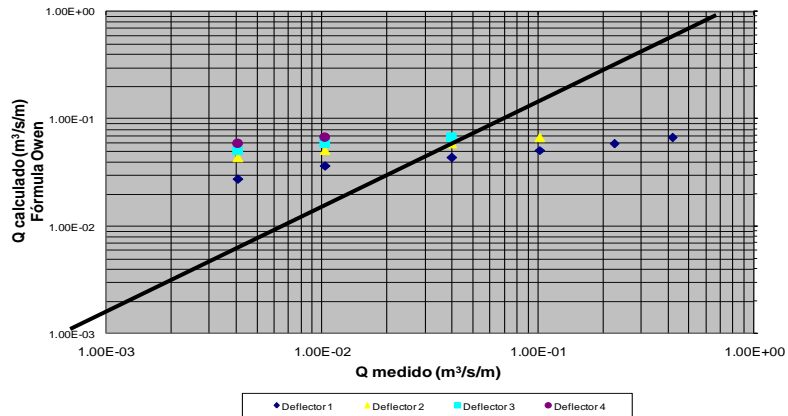


Figura 10. Gasto obtenido con la fórmula de Owen (1980) vs. Gasto medido en prototipo por deflector.

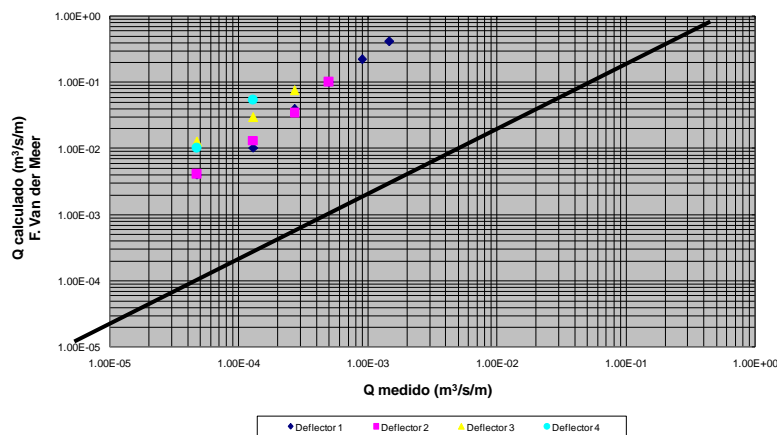


Figura 11. Gasto obtenido con la fórmula de Van der Meer (1992) vs. Gasto medido en prototipo por deflector.

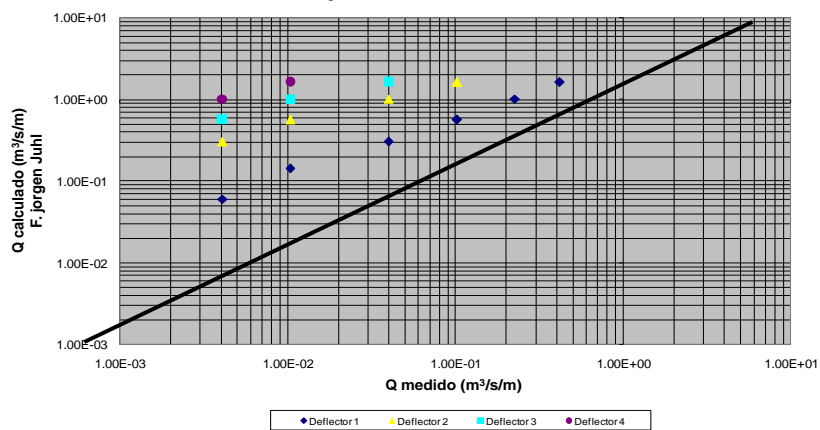


Figura 12. Gasto obtenido con la fórmula de Jorgen Juhl (1994) vs. Gasto medido en prototipo por deflector.

### Conclusiones.

Los resultados de los ensayos que se realizaron en este estudio confirmaron que, a través de un estudio experimental de distintas geometrías de deflector de oleaje, se puede determinar la estructura deflectora más adecuada que minimice el rebase del

oleaje. La fórmula de Owen es la que ofrece la mejor opción para los cálculos, ya que la línea de tendencia a 45° muestra que los valores calculados se aproximan a los obtenidos en las mediciones, pudiendo variar de acuerdo a la forma del deflector, ya que en este caso resultó ser la más indicada para validar los gastos obtenidos de los rebases observados en los ensayos. Los gastos de rebase fueron disminuyendo hasta llegar a un parámetro permisible de rebase.

De acuerdo a la geometría de los deflectores de oleaje que se siguió, en una secuencia establecida, nos permitió observar que conforme la geometría cambiaba, los volúmenes de rebase variaban significativamente, y esto permitió proponer una geometría óptima que redujera considerablemente el volumen de rebase hasta una cantidad, la cual no fuera perjudicial para las actividades portuarias.

De acuerdo a los resultados arrojados del análisis de los datos obtenidos de los ensayos y las de la sección de rompeolas sin deflector y de las cuatro secciones de deflector de oleaje, nos permite concluir que la sección número cuatro es la que permite menos cantidad de gasto de agua sobre el modelo, como se observa en las gráficas anteriormente presentadas.

Es de suma importancia contar con datos reales de características de oleaje normal y extremo, de las costas del país, con el fin de contar con datos fehacientes para los estudios que se generen en el futuro, para garantizar el buen desarrollo de los trabajos de investigación.

## Referencias

1. Flores Álvarez Juan Esteban. Deflectores de Oleaje en Rompeolas a Talud. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA-Zacatenco). Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Tesis de Maestría. Noviembre 2008.
2. Hebsgaard, M., Sloth P. and Juhl J., "Wave overtopping of mound breakwaters", p.p. 2235. Coastal Engineering 1998, Conference Proceedings, editado por Billy Edge, Editorial ASCE (American Society of Civil Engineering).
3. JUHL, Jorgen and Sloth Peter, "wave overtopping of breakwaters under oblique waves", Capítulo 86, p.p. 1182. Coastal Engineering 1994. Proceedings of the twenty fourth international conference, editado por Billy Edge, Editorial ASCE (American Society of Civil Engineering).
4. Ramírez Cuevas José Miguel. Estudio Experimental de Rompeolas Superficiales Permeables con Ampliación de Berma. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA-Zacatenco). Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Tesis de Maestría. Abril 2009.
5. VanDermeer, J. W., and Stam C.M., "Wave run-up on smooth and rock slope of coastal structures", Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 118, No. 5, 1992, pp. 534-550.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## REHABILITACIÓN DEL CUERPO Y MORRO DE LA ESCOLLERA LADO COATZACOALCOS DEL PUERTO DE COATZACOALCOS, VERACRUZ

J. M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, E. Arizmendi-Arellano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [jose.rc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.rc@zacatepec.tecnm.mx), [lalin200@gmail.com](mailto:lalin200@gmail.com)

*Área de participación: Estructuras y obras civiles*

**Resumen:** Los puertos son un facilitador del comercio nacional y mundial, ayudan a que los costos logísticos se mantengan competitivos. Gracias a ellos las mercancías se mueven más rápidas, y son menos los puntos y lugares por donde van pasando los productos en su trayecto al consumidor final, lo que facilita las cadenas de suministro de las empresas en todos los aspectos. Estos puertos están conformados de un sistema de infraestructuras que permiten llevar a cabo la logística del comercio con la entrada y salida de mercancías. El recinto portuario de Coatzacoalcos, por ejemplo, es considerado como el polo de desarrollo más importante en el sur de Veracruz, debido a su ubicación estratégica que le ha permitido ser un centro de distribución de distintas mercancías, así como por considerarse uno de los puertos más importantes en la producción petroquímica y petrolera del país. Es un puerto comercial e industrial que, aunado al recinto portuario de Pajaritos, conforma un conjunto de instalaciones portuarias de gran capacidad para el manejo de embarcaciones de gran tamaño y altos volúmenes de carga. Sin embargo, hace muy pocos años se tuvo la problemática que su obra de protección (escollera) tuviera grandes deterioros en su estructura, lo que dio origen a su rehabilitación.

**Palabras clave:** recinto portuario, tetrápodos, elementos artificiales.

### Introducción.

México, tiene una serie de ventajas trascendentales en lo que a puertos se refiere. La primera de ellas es la cercanía con los Estados Unidos, ya que se puede llegar a varios lugares de este entrando por los puertos mexicanos, y esto de alguna manera complementa a los puertos norteamericanos, porque cuando éstos se congestionan o tienen algún problema, ven a México como la opción más viable. La privilegiada localización geográfica de México, que está rodeado por dos grandes océanos como lo son el Atlántico y el Pacífico, es otro punto a favor para que sus puertos generen ventajas competitivas a las empresas que deciden importar y/o exportar sus mercancías a través de ellos. Esta ubicación de México contribuye como ventaja competitiva porque las tarifas de sus puertos son menores que los puertos americanos, y se convierten en una válvula de escape cuando hay algún problema o una contingencia". Sin duda, la importancia de los puertos de México es grande, y por ello se deben llevar a cabo ciertas mejoras que les permitan seguir creciendo y posicionándose como un eslabón clave en la cadena de suministro y el comercio mexicano y mundial.

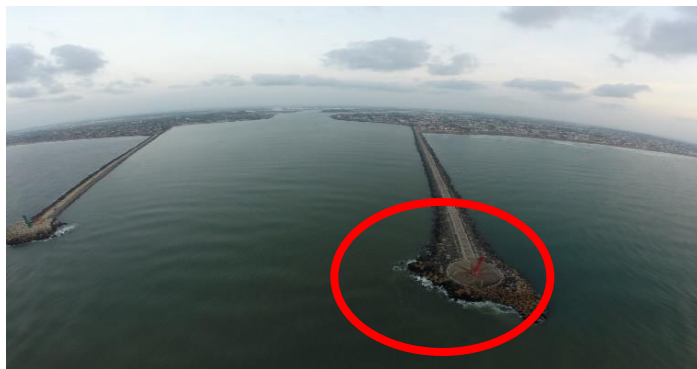
Por lo anterior, es necesario que su infraestructura sea adecuada y eficiente; por lo que un recinto portuario tiene muchas obras que lo complementan; una de estas son las obras de protección, que deben proporcionar resguardo dentro del recinto para las operaciones de carga y descarga de mercancías. Para este caso, el puerto de Coatzacoalcos, situado en el estado de Veracruz y de gran relevancia en el tema de industria petrolera (gas, petróleo crudo y productos petroquímicos y agroindustriales), presente en años recientes la problemática de tener una escollera con severos daños en el cuerpo y morro de la estructura de la misma. Por lo que en el presente artículo se

presentará la forma y el proceso en su rehabilitación constructiva para evitar daños futuros y pérdidas económicas.

### **Fundamento Teórico y Procedimiento Constructivo**

La zona de Coatzacoalcos, Veracruz, está definida, en primer término, por su ubicación geográfica con respecto a los centros de producción y consumo ligados principalmente a la industria petrolera; siendo un puerto considerado de altura y cabotaje. Se ha constituido como el líder en el manejo de graneles secos y líquidos. El Puerto de Coatzacoalcos se crea por decreto Federal el 8 de octubre de 1825, la historia de su desarrollo se entrelaza con los principales acontecimientos que han influido con la configuración de la región. En el año de 1900 se construye las escolleras del Puerto de Coatzacoalcos, con una longitud de 1,287 metros, y en 1905 marca el inicio de la construcción de muelles y bodegas.

Respecto a la escollera, se puede conocer que desde su construcción en 1900 a la fecha han pasado ya más de 100 años, por lo que los fenómenos oceanográficos y meteorológicos han dañado dicha estructura; por lo que es conveniente realizar estudios y trabajos que permitan mejorar las condiciones de citada escollera. En la siguiente figura, se presenta los daños que se tenían antes de iniciar los trabajos de la rehabilitación de la escollera (ver figura 1).



**Figura 1. Escollera de Coatzacoalcos, Veracruz**

Las escolleras son estructuras construidas y diseñadas sobre la costa, para encausar o mantener en contacto algún cuerpo de agua (río, laguna o estuario) con el mar, y controlar el transporte litoral (azolve), así como también la protección del oleaje. Estas obras pueden ser construidas de rocas o con elementos prefabricados de concreto como: cubos, cubos ranurados, paralelepípedos, dolos, tetrápodos, hexápodos, acropodos, Xblock, etc., (ver figura 2).

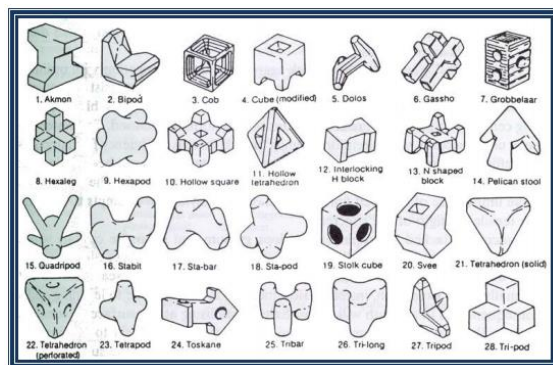


Figura 2. Tipos de elementos artificiales o prefabricados en una obra a talud (escollera o rompeolas principalmente)

El Puerto de Coatzacoalcos, Veracruz, se ubica en la porción sur del estado; en los límites con el Estado de Tabasco, a los 18° 09' Latitud Norte y 94° 25' de Longitud Oeste, colinda al Norte Golfo de México, al Sur con Astilleros de la Marina y Puente Coatzacoalcos, al Oriente con la localidad de Villa Allende y al Poniente la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz. Para mantener en óptimas condiciones las instalaciones portuarias con el fin de brindar un servicio oportuno a los usuarios del puerto mediante la rehabilitación del cuerpo de la escollera lado Coatzacoalcos, se realizaron los siguientes trabajos:

- *Trazo y Nivelación*
- *Reacomodo de rocas*
- *Fabricación, Suministro y Colocación de Tetrápodos*
- *Rehabilitación de Calzada*

Respecto a las actividades de *trazo y nivelación*, consistieron en la utilización de equipo topográfico terrestre y marítimo; donde se trazaron, señalaron y establecieron vértices de referencia; además de obtener las líneas, áreas y niveles de proyecto que permitan tener un control preciso y detallado de los trabajos pertenecientes a esta actividad (ver figuras 3 y 4).



Figura 3 y 4. Trabajos relacionados con el trazo y nivelación con equipo topográfico.

En lo que, a reacomodo de roca deslizada sobre el talud del rompeolas, consiste en la remoción de la roca diseminada de los lados laterales de los taludes de la escollera,



reacomodando la roca y depositándolas en la capa correspondiente (secundaria o coraza), de acuerdo al tamaño de piedra y conforme al proyecto original; incluye: carga, acarreo y colocación definitiva en la obra, así como todas las maniobras necesarias para el reacomodo definitivo de roca en la capa del talud que le corresponda, de acuerdo a su tamaño y dimensiones (figuras 5, 6, 7 y 8). También se colocó piedra en lo que es el morro de la escollera ya que en el proceso constructivo de la escollera se vio la necesidad de meter piedra en esta parte. La unidad de medición para reacomodo será la pieza. El precio incluye lo que corresponda a los materiales, mano de obra, maniobras necesarias, equipo, vehículos de transporte marítimo y/o terrestre, herramientas y consumibles para realizar los trabajos, así como los demás cargos que se requieran y todo lo necesario para la correcta ejecución de estos trabajos.

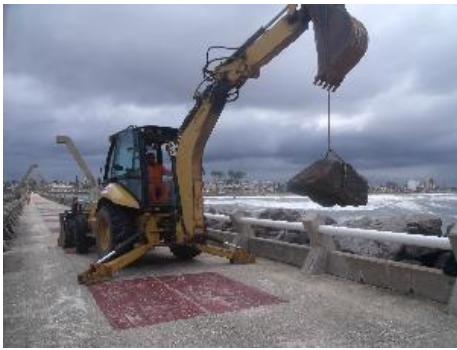


Figura 5 y 6. Reacomodo de roca deslizada sobre el talud del rompeolas



Figura 7 y 8. Remoción de roca y elementos prefabricados en zonas de proyecto.

Para la fabricación, suministro y colocación de tetrápodos de 17.5 toneladas en el cuerpo de la escollera, se contemplan todos los trabajos necesarios para la fabricación de estos elementos prefabricados, conforme a las especificaciones de proyecto, considerando desde la rehabilitación, limpieza, adecuación, acondicionamiento y suministro de accesorios faltantes de las cimbras metálicas (ver figuras 9, 10, 11 y 12), hasta la inspección y aprobación final de los elementos de concreto conforme a las pruebas de laboratorio (ver figuras 13 y 14).





Figura 9 y 10. Transporte de los moldes al lugar del patio de colados para su fabricación



Figura 11 y 12. Limpieza de los moldes y armado de los mismos.



Figura 13 y 14. Llegada de concreto y prueba de revenimiento al mismo.

Posteriormente, se realizaron maniobras y trabajos para llevar a cabo la colocación de los elementos artificiales de concreto simple, incluyendo el transporte terrestre de las mismas, desde el patio de almacenamiento establecido (ver figuras 15, 16, 17 y 18), hasta el lugar de su colocación en el cuerpo de la escollera conforme a las líneas y niveles de proyecto (ver figuras 19, 20, 21 y 22).



Figura 15 y 16. Colado y descimbrado de los moldes de los elementos prefabricados (tetrápodos)



Figura 17 y 18. Aplicación de curacreto y traslado de los tetrápodos del patio de colados al patio de almacenamiento



Figura 19 y 20. Traslado de los tetrápodos del patio de almacenamiento al lugar de la obra y colocación de los tetrápodos en el cuerpo de la escollera



Figura 21 y 22. Colocación de los tetrápodos en el cuerpo de la escollera con apoyo de personal de buzo para la orientación de las piezas.

La resistencia del concreto deberá ser de  $350 \text{ kg/cm}^2$ . El peso específico del concreto, deberá alcanzar un mínimo de  $2.20 \text{ ton/m}^3$ . El tipo de cemento debe ser resistente a los sulfatos CPC-30RS. Este concepto se pagará mediante la cuantificación del número de piezas colocadas en el sitio definitivo, acomodadas con un entrelazado adecuado entre ellas y que cumplan con las tolerancias, especificaciones, dimensiones, espesores, líneas y niveles especificados en el proyecto. Este precio incluye lo que corresponda a los materiales, mano de obra, maniobras necesarias, equipo, vehículos de transporte marítimo y/o terrestre, herramientas y consumibles para realizar los trabajos, así como



los demás cargos que se requieran y todo lo necesario para la correcta ejecución de estos trabajos, por unidad de obra terminada.

Por último, se tiene, la rehabilitación de la calzada de la escollera que contempla el suministro del concreto, carga y acarreo del producto de la demolición; aplicación de pintura vinílica y esmalte en estructuras de concreto. La carpeta fue de 20 cm de espesor con una resistencia de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  (ver figuras 23 y 24).



Figura 23 y 24. Remoción del material de demolición de la calzada de la escollera y suministro de concreto en la misma.

### Resultados y Discusión.

Los resultados que se obtuvieron, se aprecian en las siguientes figuras 25 y 26; donde se hace una comparativa; ya que, del lado izquierdo, se observa cómo se encontraba la estructura de la escollera antes de su rehabilitación, presentándose daños severos y gran deterioro de la misma; y la figura del del lado derecho cuando ésta ya se encontraba terminada. Por los que los resultados fueron favorables e importantes en su concepto, uso y función de este tipo de obras; ya que de lo contrario se presentarían sucesivamente daños y deterioro en la escollera hasta que su estabilidad y función ya no fuera favorable y estable, presentándose pérdidas económicas tanto en el transporte marítimo en el puerto como en la infraestructura de la estructura de la escollera.



Figura 25 y 26. Escollera de Coatzacoalcos antes de su rehabilitación con severos daños y después de la reparación de la misma.

## Conclusiones.

Es importante mencionar que estas obras son de suma importancia para que el Recinto Portuario pueda operar de la mejor manera y eficiencia; ya que sus obras de protección deben resguardar las operaciones que se den dentro del mismo. Por lo que, en las obras portuarias se presentan muchos trabajos, actividades y ejecuciones de obra que tiene que ver con los temas relacionados a la Ingeniería Civil; por ello su importancia de conocerlas o estar inmerso en este tipo de proyectos de construcción que son sumamente muy completos.

Esta rehabilitación garantizará evitar seguir perdiendo material en el morro y cuerpo de la escollera y acrecentará su vida útil para este tipo de obras; minimizando la problemática de seguir perdiendo gran parte de material de la misma y que se pudiera sufrir más daños o colapsar dicha estructura, evitando mayor derrama económica por esta situación. Por lo que fue indispensable su ejecución y rehabilitación.

## Referencias

1. Secretaría de Marina (2020). Coatzacoalcos, Veracruz. Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Secretaría de Marina. Sitio web: <https://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/cuestionarios/cnarioCoatza.pdf>
2. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2018). Dragado de mantenimiento consolidado, en los Puertos de Coatzacoalcos, Tuxpan y Tampico, ciclo 2017-2018. Memoria Documental. Sitio web: [https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/docs/Rendicion/MD\\_Dragado\\_17\\_18.pdf](https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/docs/Rendicion/MD_Dragado_17_18.pdf)
3. [https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/docs/Rendicion/MD\\_Dragado\\_17\\_18.pdf](https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/docs/Rendicion/MD_Dragado_17_18.pdf)
4. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2017). Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2012-2017 de los Recintos Portuarios de Coatzacoalcos y Laguna de Pajaritos. Puertos de México. Sitio web: <https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/datos/PMDP.pdf>
5. <https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/datos/PMDP.pdf>
6. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2014). Reglas de Operación de los Recintos Portuarios de Coatzacoalcos y Pajaritos, Ver. Junio-2014. Coordinación General de Marina Mercante de la SCT. Administración Portuaria Integral de Coatzacoalcos, S.A. de C.V. Sitio web: [https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/coatza\\_docs/pdf/reglas\\_operacion.pdf](https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/coatza_docs/pdf/reglas_operacion.pdf)
7. [https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/coatza\\_docs/pdf/reglas\\_operacion.pdf](https://www.puertocoatzacoalcos.com.mx/coatza_docs/pdf/reglas_operacion.pdf)
8. Transporte.MX (2016). Comprendiendo la importancia de los puertos mexicanos. El portal del Transporte Mexicano. Publicado el 20/07/2016. Sitio web: <https://www.transporte.mx/comprendiendo-la-importancia-de-los-puertos-mexicanos/>
9. <https://www.transporte.mx/comprendiendo-la-importancia-de-los-puertos-mexicanos/>
10. Ramírez Cuevas José Miguel (2009). Estudio Experimental de Rompeolas Superficiales Permeables con Ampliación de Berma. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA-Zacatepec). Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Tesis de Maestría. Abril 2009.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## CONSTRUCCIÓN DEL SANTUARIO DEL SEÑOR DE TULA

K.G. Fano-Guerrero<sup>1</sup>, S. Adame-Pérez<sup>1</sup>, F. Sánchez-Sánchez<sup>1</sup>, C.Bustos-Mejía<sup>1</sup> E.G. Carrillo-González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec  
[l14090393@zacatepec.tecnm.mx](mailto:l14090393@zacatepec.tecnm.mx) [serafin.ad@zacatepec.tecnm.mx](mailto:serafin.ad@zacatepec.tecnm.mx) [felipe.ss@zacatepec.tecnm.mx](mailto:felipe.ss@zacatepec.tecnm.mx)  
[carlos.bm@zacatepec.tecnm.mx](mailto:carlos.bm@zacatepec.tecnm.mx), [erica.cg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:erica.cg@zacatepec.tecnm.mx) Calzada Tecnológico No.27, Col.  
Centro, Zacatepec Morelos, México

**Área de participación:** IC Estructuras y Obras Civiles

### Resumen:

Jojutla de Juárez es una ciudad mexicana en el estado de Morelos, situada en su región sur, del estado, por ser cabecera Municipal, en el siglo XVI se construyó el Santuario del Señor de Tula para albergar a los miles de feligreses de la zona, el cual se empleaba también como tianguis dominical para la compra-venta de productos. A raíz del sismo del 19 de septiembre del 2017, cuyo epicentro se originó entre los límites de Puebla y Morelos, causando en el inmueble daños irreparables. Es por ello que en conjunto con la fundación Hogares, se iniciaron en el 2019 los trabajos para la construcción del nuevo Santuario, que pudiera ser seguro para albergar a los miles de feligreses que año con año lo visitan, a fin de celebrar las diferentes fiestas y seguir conservando sus diversas costumbres y tradiciones. Para el diseño se emplearon los códigos y estándares de diseño aplicables en México.

### Introducción.

El Municipio de Jojutla de Juárez, ubicado en el estado de Morelos está formado geológicamente entre el Mesozoico y el Cenozoico, conformado principalmente por rocas sedimentarias, y suelos principalmente aluviales, aunado a esto Jojutla es una zona altamente sísmica, por la cercanía entre las placas de cocos y la Norteamericana.

Por ser cabecera Municipal, en el siglo XVI se construyó el Santuario del Señor de Tula para albergar a los miles de feligreses de la zona, el cual se empleaba también como tianguis dominical para la compra-venta de productos. A raíz del sismo del 19 de septiembre del 2017, el inmueble sufrió daños irreparables.

Antes este sismo, en el municipio de Jojutla ya había desaparecido 40 por ciento del patrimonio cultural; tras la contingencia, se dañó el 95 por ciento de los inmuebles considerados monumentos antiguos que aún se preservaban.

El Diseño estuvo a cargo de Derek Dellekamp, Jachen Schleich y Camilo Restrepo, y financiado para su construcción por INFONAVIT y fundación Hogares, cabe recalcar que el proyecto ganó el 2do lugar internacional de arquitectura Sacra, organizado por la Fundación Frate Sole, donde participaron 114 propuestas de 33 países. Los trabajos de construcción se iniciaron en el 2019 a cargo de la Empresa Obras Especializadas de infraestructura, S.A. de C.V., representada por el Ingeniero Serafín Adame Pérez, egresado y catedrático del Instituto Tecnológico de Zacatepec, concluyendo su construcción en el año 2020.

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

El Santuario del señor de Tula, fue construido entre los años 1999 y 2001, para albergar a más de 2,000 feligreses (Ver Figura 1)



Figura 1. Santuario del Señor de Tula antes del sismo del 19 de septiembre 2017

Después del sismo del 19 de septiembre del 2017, con una magnitud de 7.1, se produjo un daño en la estructura ocasionando una pérdida total del inmueble, Ver Figura 2



Figura 2. El santuario del Señor de Tula después del sismo

Después de haberse declarado el inmueble como pérdida total Fundación Hogares (Institución de asistencia Privada) se encargó de coordinar el diseño del nuevo Santuario, dándole la tarea de diseñar a la empresa Dellekamp Arquitecto (Ver Figura 3). El financiamiento para la construcción del nuevo Santuario corrió a cargo de Fundación Hogares e INFONAVIT.

El 19 de septiembre de 2017, a 32 años después del terremoto que devastó México en 1985, a unas horas después del simulacro que conmemoró este aniversario, México sufrió otro terremoto que destruyó edificios públicos y más de 100,000 viviendas dejándolas inhabitables.

Los arquitectos de la Ciudad de México se centraron en una iniciativa conjunta llamada Reconstruir México. Entre los espacios públicos que entraron en esta iniciativa de reconstrucción fue el Santuario del Señor de Tula, ubicado en Jojutla, en el estado de Morelos, el cual fue pérdida total después del sismo del 19 de septiembre del 2017.



En coordinación la Fundación Hogares y el INFONAVIT dirigido por Carlos Zedillo, con su visión integral de planeación urbana y reparación de espacios públicos, decidieron enfocar los esfuerzos para la reconstruir el Santuario del Señor de Tula (un lugar de culto con más de cinco siglos de historia). Este proyecto, aunque diferentes en su concepción formal, responde a los cambios ingenieriles y estructurales que se requiere para garantizar la seguridad de sus ocupantes.

El nuevo Santuario del Señor de Tula ganó el segundo lugar de la séptima edición del premio internacional de Arquitectura Sacra, promovida por padre franciscano Constantino Ruggeri de la Fundación Hermano Sol con el objetivo de desarrollar acciones de sensibilización y promoción de los espacios sagrados como lugares de exaltación espiritual.

Para la reconstrucción del Santuario del Señor de Tula y otros espacios públicos en el Municipio de Jojutla en el estado de Morelos, INFONAVIT y Fundación Hogares destinaron 200 millones de pesos.

La propuesta arquitectónica del Santuario del Señor de Tula, con un área de 635 m<sup>2</sup> de construcción, se enfocó en espacios semiabiertos que propician una atmósfera de recogimiento sin perder el contacto con su entorno y permiten desplazarse fácilmente a los ocupantes del interior al exterior del inmueble.

La construcción de 450 metros cuadrados, se inició en el año 2019, edificada con materiales tradicionales del entorno como es la piedra y el tabique, de bajo mantenimiento, cabe destacar que la Fundación Hogares entregó la reconstrucción total del Santuario del Señor de Tula en un plazo de seis meses a las autoridades eclesiásticas, concluyendo su construcción en el año 2020.

La supervisión del inmueble estuvo a cargo del Ayuntamiento de Jojutla en coordinación con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), los cuales consistieron en verificar los avances de los trabajos de reconstrucción del santuario del señor de Tula.

### **Resultados y Discusión.**

El nuevo Santuario del Señor de Tula es un proyecto arquitectónico realizado por Derek Dellekamp, Jachen Schleich, Francisco Eduardo Franco Ramírez. El diseño Estructural lo realizó Oscar Trejo, Sergio López. El diseño del paisajismo estuvo a cargo Hugo Sánchez, Tonatiuh Martínez, Paulina Zarate. (Ver figura 3)

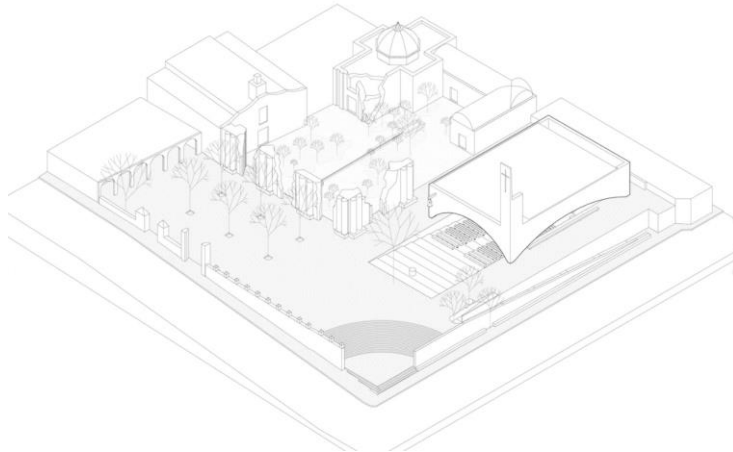


Figura 3. Proyecto arquitectónico del Señor de Tula

Describiremos a continuación las Etapas de construcción de este proyecto:

- Etapa de demolición. Se inició con los trabajos de demolición y remoción de escombros (Ver figura 4)



Figura 4. Demolición y remoción de escombros

- Etapa de trazo y nivelación del terreno para desplante (Ver figura 5)



Figura 5. Excavación para desplante de la cimentación

- Etapa de cimentación del Santuario del señor de Tula. A base de Trabes de liga y losa de cimentación (Ver figura 6).



Figura 6. Cimentación

- Etapa de construcción de muros de concreto, con una resistencia a compresión de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ . Se forro los muros de concreto en el exterior con un muro de ladrillo Azteca con dimensiones de  $7.50 \text{ cm} \times 13 \text{ cm} \times 28 \text{ cm}$  pegado con mortero cemento arena proporción 1:4 (Ver figura 7 y 8)



Figura 7. Muros de concreto



Figura 8. Muro exterior de Tabique

- Etapa de montaje de estructuras metálicas Se emplearon armaduras de longitud de cuerda en promedio de 1.50m, montadas sobre cadenas de  $20 \times 25 \text{ cm}$  de concreto (Ver figura 9)





Figura 9. Estructuras metálicas

- Etapa de construcción de traveses (Ver figura 10)



Figura 10. Traveses

- Etapa de construcción de Escalinata, altar del Santuario y pila bautismal (Ver figura 11)



Figura 11. Escalinata y pila bautismal

- Etapa de construcción de Bóveda. Las dimensiones de la bóveda se realizó en tramos de aproximadamente 3.56 m y una longitud de 16 metros, con acabado o remate de ladrillo sólido de 6cmx10cmx20cm (Ver figura 12)



Figura 12. Bóveda

- Etapa de construcción de losa acero. Cubierta formada por una lámina de acero que se fija a las estructuras a través de pernos soldados al patín superior de las vigas como elemento de fijación, de manera que cuando llega a ocurrir un movimiento telúrico, la lámina de losa acero y las vigas actúan como una sola pieza, evitando así que los techos se derrumben. (Ver figura 13)



Figura 13. Losa acero

- Etapa colocación de Instalaciones y acabados. Se colocaron los ductos para las instalaciones eléctricas y de audio. La línea de iluminación es led con platina metálica. (Ver figura 14)

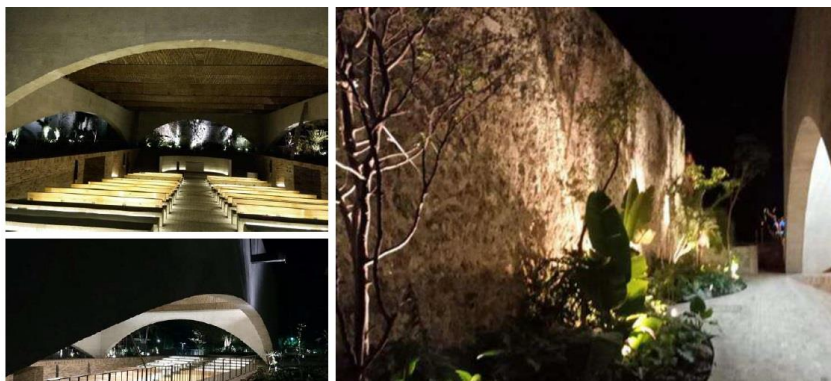


Figura 14. Instalaciones y acabados



- Proyecto terminado (Ver figura 15)



Figura 15. Santuario del Señor de Tula

### Conclusiones.

La supervisión de una obra es un factor decisivo para obtener el éxito o fracaso de un proyecto, esta incluye la planeación, organización, dirección o ejecución y control de calidad. Para la planeación de un proyecto se deben coordinar todos los recursos humanos, materiales, equipo y financiamiento el cual incluye costo y calidad de la obra terminada.

Se debe tomar muy en cuenta las especificaciones incluidas en los planos y que estas a su vez estén apegadas a la normatividad vigente.

La reconstrucción del santuario del Señor de Tula permitió materializar el esfuerzo de muchas personas que aportaron su granito de arena desde el diseño, gestión de recursos, construcción y supervisión, los cuales permitieron que Jojutla, Morelos cuente con esta esplendorosa obra de Ingeniería civil.

### Agradecimientos.

Agradecemos las gestiones para la materialización de esta obra y de forma particular la información e imágenes proporcionadas por Infonavit y la fundación Hogares.

### Referencias

1. Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, Versión 2017
2. Normas Técnicas complementarias en Edificación, Versión 2017
3. E. M. Blanco *La Profesión de Ingeniero* Ed. Alsina, 2020
4. A. Bizzotto, c. Risso. *Dirección Técnica de Obra*. FADU (Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo), 2012

### Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## PROYECTO EJECUTIVO DEL DISEÑO DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

**V. H. Guerrero-Torres<sup>1</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, J. Zavala-Paredes<sup>2</sup>, J. A. Santana-Camilo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- vihugueto96@gmail.com  
jose.rc@zacatepec.tecnm.mx, <sup>2</sup>Sistema de Conservación, Agua Potable y Saneamiento de Agua, Jiutepec, Morelos, México- josue\_zavala1@hotmail.com <sup>3</sup>Departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- jose.sc@zacatepec.tecnm.mx

**Área de participación:** Estructuras y obras civiles

**Resumen:** El agua es un elemento esencial para la vida, por ello la importancia de llevar a cada ser humano este vital líquido de manera segura y eficaz. Hoy en día para abastecer de agua a una población se requiere de instalaciones que permitan captar, purificar, almacenar y finalmente distribuir el agua en las poblaciones. Tal ha sido la necesidad de mejores condiciones en infraestructura de agua para la mayoría de las comunidades; además de que la demanda y exigencias de este vital líquido han ido en aumento debido al crecimiento poblacional y los asentamientos humanos en diferentes áreas. Aunado a esto, la ineficiencia y las condiciones de la red actual y la mala planeación de la misma hacen necesario llevar a cabo el proyecto ejecutivo del diseño de la red de abastecimiento de agua potable de la colonia Calera Chica perteneciente al municipio de Jiutepec, Morelos, y en el que se pretende dar a conocer la metodología de los trabajos y actividades realizados para este fin.

**Palabras clave:** proyecto, red de distribución, Epanet

### Introducción.

Todo ser vivo, tiene la necesidad y prioridad del consumo y uso del agua. Actualmente se ha escuchado las diferentes problemáticas que se tienen cuando no se cuenta con este vital líquido, o cuando se tiene escasez de ésta, problemas de salud por la mala calidad de la misma, o problemas en redes de las tuberías por la mala calidad de los materiales, el deterioro de las tuberías por el tiempo de vida o porque no se les ha dado algún tipo de mantenimiento, o simplemente la mala planeación y distribución de la red de agua.

También mencionar que el crecimiento poblacional es otro factor importante a considerar en la planeación de las áreas de crecimiento y de igual manera para los proyectos de abastecimiento de agua potable.

Por lo consiguiente y de manera específica, el proyecto ejecutivo del diseño de la red de abastecimiento de agua potable de la Colonia Calera Chica en Jiutepec, Morelos”, tiene como principal objetivo cubrir las demandas y exigencias actuales que se tienen de la población. Estas demandas son el abastecer con un buen servicio el agua potable a toda la zona a proyectar. Por lo que se pretende en el presente trabajo mencionar las actividades y la metodología que se llevó a cabo para la obtención, procesamiento, análisis y resultados de la información y las conclusiones a las que se llegaron para este proyecto ejecutivo.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Una red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería, conectadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural con población relativamente densa, el agua potable. Por ejemplo, en la siguiente figura 1, se muestra un sistema de agua potable con sus respectivos elementos y componentes.

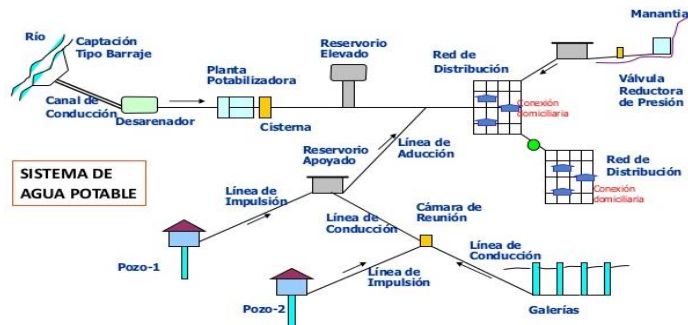


Figura 1. Sistema de agua potable con sus elementos.

El principal objetivo es el de realizar un proyecto ejecutivo de la red de abastecimiento de agua potable para la colonia Calera Chica en Jiutepec, Morelos el cual debe cumplir estrictamente con la normativa vigente, además debe ser óptimo y funcional, que logre satisfacer las demandas tanto de la población actual como de la futura, realizar el análisis para la adecuada regulación y distribución del agua, tomando en cuenta la obra de captación existente, las concesiones de pozos y permisos de extracción de los mismos.

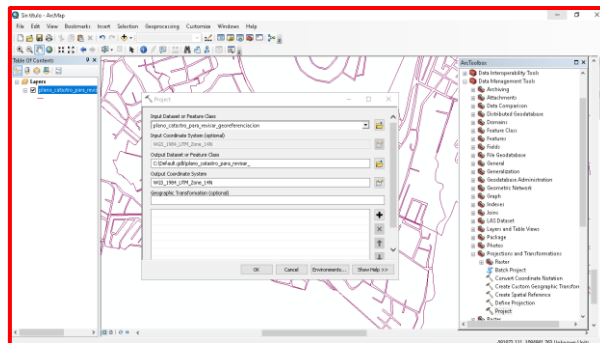
Como primer paso, se procedió a hacer el reconocimiento de la zona en la que se tenía planeado trabajar. Los primeros reconocimientos se realizaron con vistas aéreas en un programa informático que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía (ver figura 2).



Figura 2. Reconocimiento aéreo con Software especializado para observar y delimitar el área de estudio.

De igual manera se procedió a la recopilación de la información cartográfica, a la revisión de planos y a su georreferenciación en ARCGIS y AutoCAD. Esta revisión y georreferencia de los planos se realizó primeramente en ARC-GIS, en el cual se le asignó un sistema coordinado (WGS 1984) y una proyección (UMT zona 14N). Posteriormente

el archivo SHP se exporto a un archivo DWG para poder trabajarlo en AutoCAD (ver figura 3).



**Figura 3. Georreferencia de la zona del proyecto con software especializado**

ARCGIS es actualmente la tecnología de referencia en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Actualmente ARCGIS no es sólo una tecnología para elaborar mapas, sino que es también una infraestructura basada en la nube que posibilita la colaboración y el uso compartido de la información geográfica.

Ya posterior a esto, se realizaron recorridos terrestres en la zona de proyecto, estas visitas de campo fueron esenciales, ya que con ello se observaron mejor las condiciones del terreno y se visualizaron las posibles dificultades al momento de proyectar. El recorrido de toda la zona se realizó con el apoyo del jefe del departamento de planeación y proyectos del sistema operador (ver figura 4).



**Figura 4. Recorrido por la zona de proyecto e inspección y recopilación de la información de la red de agua Potable existente.**

La recopilación de la información de la red existente se hizo en 2 fases, en la primera fase se obtuvo información en gabinete desde una base de datos y en la segunda fase se recopiló y se verificó la información con el bombero de la zona de proyecto.

Cabe mencionar que también se llevaron a cabo el respectivo levantamiento topográfico de la zona y el estudio de geotecnia; para el primero con el fin de obtener puntos ligados a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); mientras que para el estudio geotécnico, como parte de la

información que se requiere para el concurso de los trabajos que podrán ser posteriormente licitados, se realizaron algunas pruebas y estudios, que consistieron en la realización de excavación de pozos a cielo abierto y sondeo profundo.

Durante los recorridos, se levantaron cajas de válvulas para poder descifrar la red existente, se ubicaron los rebombeos, tanques de regulación y almacenamiento y toda la información de la red. Para poder recabar toda esta información fue sumamente necesario el apoyo del bombero (fontanero) de la zona. Toda la información recabada se fue guardando y georreferenciando en un plano digital en línea en tiempo real con el software My Maps (ver figura 5).

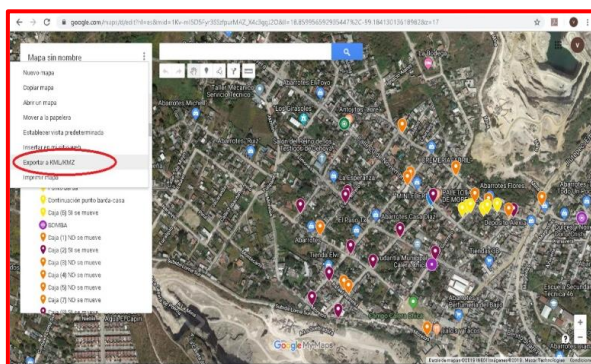


Figura 5. Uso de software para la información georreferenciada.

Se generó una tabla de Excel con toda la información recabada en los recorridos. La información se extrajo de un archivo KMZ a una tabla de Excel, utilizando el ArcGIS como intermedio y de esta manera se procesará más rápido la información y sobre todo conservar los identificadores y la georreferencia. Posteriormente, y algo muy importante en un proyecto de abastecimiento de agua potable a una comunidad o zona, es el estimar mediante fórmulas y procedimientos la población futura. Para esto fue necesario hacer un análisis de la información que proporciona el INEGI y datos del número de usuarios registrados en la zona de proyecto; donde con esta información y los cálculos necesarios por los métodos utilizados que fueron: mínimos cuadrados, ajuste lineal, ajuste exponencial, ajuste logarítmico, ajuste potencial, método aritmético, método geométrico por porcentaje y método geométrico por incremento medio total, se obtuvo un total de 5954 habitantes para el año 2040.

Cabe mencionar que el tanque de almacenamiento tiene una capacidad de almacenar agua de  $90 \text{ m}^3$ , mientras que el tanque de bombeo cuenta con una capacidad de almacenamiento de alrededor de  $110 \text{ m}^3$ , y para el trazo de la línea de conducción se tomó el existente, ya que en los recorridos que se realizaron en la zona, se llegó a la conclusión que era el trazo más óptimo y eficiente; esta línea de conducción cuenta con un total de 767 metros de longitud.

En lo que al trazo de la línea de distribución se refiere, se puede mencionar que la red secundaria en bloques y en dos planos es el que se recomienda en el Manual de agua



potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua. Para el trazo de la red, se consideró hacer 2 tandeos, por lo que se trazó y se seccionó formando una red secundaria en bloques y en dos planos. Con esto se garantizó la distribución óptima del agua a los usuarios (ver figura 6).

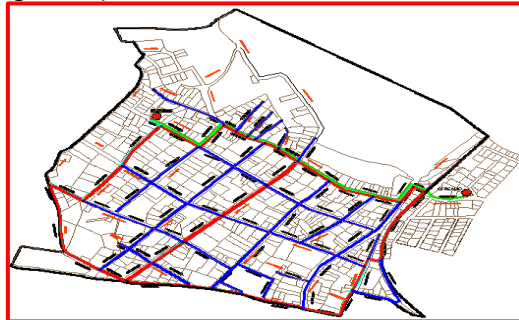


Figura 6. Red secundaria en bloques y en dos planos.

Respecto al cálculo de dotaciones y gastos de diseño, se tienen que, para el diseño de la red, se consideró utilizar el gasto medio diario ( $Q_{med}$ ), esto debido a que se hizo un análisis dinámico de la red (Periodo Extendido), que permite utilizar este gasto, complementando con una curva de variación horaria.



Figura 7. Obtención del gasto con un aforo puntual con caudalímetro ultrasónico.

Para la distribución de la red de abastecimiento de agua, fue necesario emplear un software especializado para el mismo, llamado EPANET en su versión 2.0. (ver figura 8).

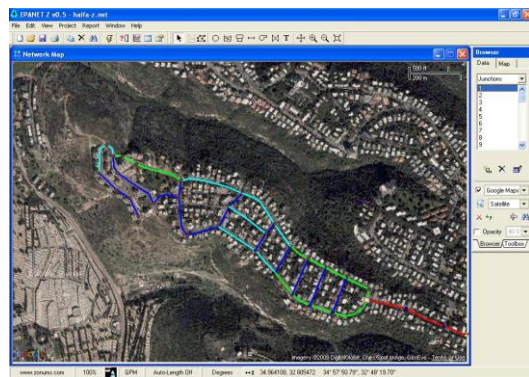


Figura 8. Software especializado para el cálculo de distribuciones de redes de agua Potable (EPANET)

La acumulación de gastos para el cálculo Hidráulico se realizó a partir del método: Acumulación de gastos por áreas de influencia de los nodos, el cual consiste en distribuir el volumen total de agua proporcionalmente en las áreas que abastece el nodo. En la acumulación de gastos sólo se consideraron los nodos de la red de distribución secundaria, ya que a la red primaria (circuitos), no se conecta ningún usuario. Para facilitar el modelaje y el proceso de información se utilizaron algunos softwares auxiliares, entre algunos de ellos fue, EPACAD, CIVILCAD, ARCGIS, etc. Todo se manejó mediante block de notas para conservar la Georreferencia y el ID de cada nodo. Para poder realizar el cálculo hidráulico de forma correcta, lo primero es determinar la ecuación de pérdida a utilizar, posteriormente asignar la rugosidad en función del material de que se propuso para la tubería, asignar una demanda y una elevación a los nodos (ver figuras 9 y 10).

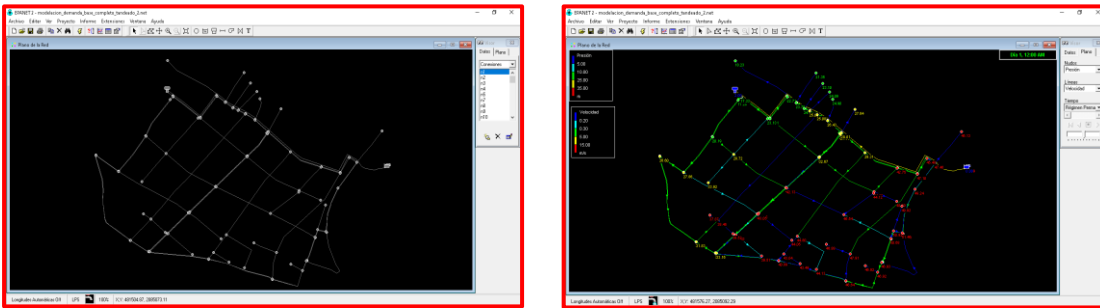


Figura 9 y 10. Asignación de nodos, demandas y elevación de los mismos.

## Resultados y Discusión.

EPANET permite obtener los resultados de la modelación. Dentro de estos resultados pertenecientes a los nodos, se puede encontrar cota de terreno, presión en m.c.a (metros columna de agua), cota piezométrica y la demanda insertada, entre otros.

En los Manuales que rigen y norman todos los proyectos hidráulicos, el manual de proyectos ejecutivos es el que rige estrictamente el procedimiento de todo proyecto ejecutivo y como debe de desarrollarse e integrarse, desde la recabación de datos básicos, los cálculos, modelación, planos, etc. cumpliendo siempre con la normativa vigente. Por lo que, derivado de todo el análisis, la propuesta económica o resumen presupuestal de los trabajos a desarrollar son de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Resumen del Presupuesto para los trabajos a desarrollar derivado de las actividades del proyecto.

SISTEMA DE CONSERVACIÓN, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE AGUA DE JIUTEPEC.		
<b>OBRA:</b>	"PROYECTO EJECUTIVO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA COLONIA CALERA CHICA EN JIUTEPEC, MORELOS.	
<b>UBICACIÓN:</b>	COL. CALERA CHICA JIUTEPEC, MORELOS	<b>CONTRATO:</b>
RESUMEN DE PRESUPUESTO		
CLAVE	DESCRIPCIÓN	IMPORTE



<b>A</b>	TANQUE ELEVADO	\$ 2,117,879.25
<b>B</b>	LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL REBOMBEO A TANQUE ELEVADO	\$ 3,008,679.50
<b>C</b>	EQUIPAMIENTO, ELECTRIFICACIÓN Y TELEMETRIA DE TANQUE REBOMBEO 1	\$ 2,179,228.72
<b>D</b>	CERCADO DEL PREDIO TANQUE REBOMBEO 1	\$ 388,212.78
<b>E</b>	CERCADO PREDIO TANQUE ELEVADO	\$ 335,296.63
<b>F</b>	RED DE DISTRIBUCIÓN	\$ 6,353,579.90
	TOTAL	\$ 14,382,876.78

## Conclusiones.

Con base en la información recolectada y procesada de las diferentes fuentes se logró analizar y describir de una manera adecuada las principales características del área en estudio, se caracterizó de manera adecuada el sistema existente, de tal forma que se identificaron las deficiencias que este presenta y se confirmó la exigencia de un financiamiento para la construcción de este proyecto. Al identificar las deficiencias que presenta el sistema de distribución de agua potable actual, se logró realizar el diseño óptimo y eficiente de acorde con lo estipulado en las normas.

Se especificaron los parámetros necesarios para llevar a cabo el proyecto ejecutivo de tal manera que, al ejecutarse, el resultado de la obra sea el adecuado, con una funcionalidad hidráulica correcta. El trabajo realizado es un aporte importante para el desarrollo de la comunidad y el mejoramiento en la calidad de vida de su población.

Se modelo con un tanque elevado, con eso las presiones aumentaron y en las zonas que sufrían por presión se eliminó ese problema. El modelo se simulo con tandeos para tener una mejor distribución del agua.

Se recomienda llevar a cabo el mantenimiento adecuado a cada una de las estructuras hidráulicas que componen el sistema de abastecimiento, con el fin de mejorar la prestación del servicio, la eficiencia y el costo operacional. Además de llevar a cabo el trazado y construcción de la red de distribución teniendo en cuenta que la red actual no será dañada ya que estará funcionando normalmente para la población.

Tener en cuenta los lineamientos estipulados por las autoridades ambientales competentes en cuanto a que la ejecución del proyecto genere la menor afectación ambiental posible a la región, y de esta manera contribuir a la preservación del medio ambiente.

Al no contar con alguna fuente de abastecimiento alterna o con el proyecto de sustitución del pozo o perforación de un pozo nuevo para la comunidad por parte de CONAGUA, se opta por rediseñar con las condiciones de oferta de agua actuales de la comunidad.

## Referencias

1. Comisión Nacional del Agua. (enero, 2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Libro 4: Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado 2015. Sitio web: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>.

2. Comisión Nacional del Agua. (enero, 2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Libro 12: Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable. Sitio web: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>.
3. Comisión Nacional del Agua. (enero, 2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Libro 13: Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución. Sitio web: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro13.pdf>.
4. Comisión Nacional del Agua. (enero, 2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Libro 14: Proyectos Ejecutivos. Sitio web: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro13.pdf>.
5. Grupo REDHISP. Inst. Ingeniería del Agua y M.A. Universidad Politécnica de Valencia (España). (2017). Análisis Hidráulico y de Calidad en Redes de Distribución de Agua (2.00.12 ed., Vol. 1. Grupo REDHISP. Sitio web: [https://www.iiaa.upv.es/iiaa/src/elementos/Software/2/epanet/EN2Manual\\_esp\\_v20012\\_ext.pdf](https://www.iiaa.upv.es/iiaa/src/elementos/Software/2/epanet/EN2Manual_esp_v20012_ext.pdf).

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA COLONIA MORELOS, JIUTEPEC, MORELOS

F.I. González-Pineda<sup>1</sup>, D. Brito-Montiel<sup>1</sup>, M. Ortiz-Gomez<sup>1</sup>, E.G. Carrillo-González<sup>1</sup>  
F.Sánchez-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
L15090581@zacatepec.tecnm.mx, [daniela.bm@zacatepec.tecnm.mx](mailto:daniela.bm@zacatepec.tecnm.mx), [mayra.og@zacatepec.tecnm.mx](mailto:mayra.og@zacatepec.tecnm.mx),  
[erica.cg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:erica.cg@zacatepec.tecnm.mx), Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México

*Área de participación: Estructuras y obras civiles*

### Resumen:

Se describe a detalle el procedimiento empleado para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de la Colonia Morelos de Jiutepec Morelos, con un diseño técnicamente óptimo, eficiente, seguro y sustentable que cumple con la normatividad vigente que establece CONAGUA; así mismo, gracias a este diseño hidráulico, se mejoraran las condiciones actuales de la infraestructura existente, además de cubrir las necesidades hídricas básicas de la población. Este trabajo contiene, el levantamiento de la infraestructura existente del sistema de abastecimiento actual así como su operatividad para comprender las condiciones, características y aspectos sociales de la comunidad donde se describen las bases teóricas para un eficiente diseño apegado a la normatividad y el procedimiento para el diseño de la línea de conducción, tanque de regulación y red de distribución.

### Introducción.

Se denomina sistema de abastecimiento de agua potable al conjunto de obras de captación, tratamiento, conducción, regulación, distribución y suministro intradomiciliario de agua potable. Los componentes del sistema de abastecimiento son:

- Fuentes de abastecimiento.
- Captación
- Conducción
- Tratamiento
- Almacenamiento de agua
- Red de distribución

Para poder realizar un correcto abastecimiento de agua potable debemos contar con las fuentes correspondientes, de las que se deben considerar dos aspectos fundamentales a tener en cuenta:

- Capacidad de suministro. Debe ser la necesaria para proveer la cantidad necesaria en volumen y tiempo que requiere el proyecto de abastecimiento, a través de fuentes como ríos, arroyos, canales, lagos, lagunas, aguas subterráneas.
- Condiciones de sanidad o calidad del agua.

Una vez investigados los recursos hídricos de una región, se está en condiciones de determinar obras de captación en función del proyecto, necesarias para proveer de la cantidad de agua necesaria.

El acuífero Cuernavaca, definido con la clave 1701 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción noroccidental del Estado de Morelos, entre los paralelos 18° 40' y

19° 0' de latitud norte y entre los meridianos 99° 20' y 99° 10' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 820 km<sup>2</sup>.

El sistema actual tiene más de 40 años que se construyó, por lo que el estado del mismo es muy malo, ya que, presenta fugas en varios puntos, existen válvulas que no se tiene certeza si están cerradas o abiertas (problema grave para tandeear), el material de las tuberías sobrepasa su vida útil, debido a los posibles agrietamientos en la tubería pudiera haber una contaminación del agua en el trayecto de la misma.

Actualmente el sistema de agua potable de la Colonia Morelos cuenta con dos fuentes de abastecimiento de agua subterráneas (pozos profundos) uno ubicado al Norte de la misma colonia Morelos (Pozo Morelos), y el otro pozo está ubicado en la Colonia.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Antes de comenzar con el diseño, se debe recopilar toda la información necesaria respecto a la delimitación y ubicación de la zona de proyecto, localización y estado de la infraestructura existente, así como la operatividad del actual sistema de abastecimiento y distribución de agua potable de la Colonia Morelos de Jiutepec.

Para esto, fueron otorgados planos por parte del Sistema de Conservación, Agua Potable y saneamiento de agua de Jiutepec (SCAPSJ), la información de estos planos contenía la delimitación de la colonia, calles, nombres de calles, localización de infraestructura hidráulica que forman parte del sistema, y un plano del levantamiento de la red de distribución actual.

Para iniciar con el diseño de la red de abastecimiento de agua se debe definir el periodo de diseño, en base a las recomendaciones de Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), el cual para este proyecto se manejó de 20 años (del 2020 al 2040), relacionando la tasa de crecimiento de la colonia al año 2040 (Ve tabla 1)

De acuerdo a los datos determinados, se pudo hacer una proyección para el año 2040, que será el año al que se proyectó el periodo de diseño, el cual es de 20 años que se espera que la obra sirva para los propósitos de diseño.

Tabla 1. Población histórica de la colonia Morelos en base datos de INEGI

Población Jiutepec		Tasa de crecimiento(%)	Población Col. Morelos	
Año	Población		Año	Población (Hab)
2000	170589	***	2000	7258
2005	181317	1.063	2005	7714
2010	196953	1.086	2010	8379
2015	214137	1.087	2015	9111
2019	225483	1.053	2019	9593

De acuerdo a los valores de población futura al 2040 calculados, se realizó una gráfica con los métodos utilizados (Ver gráfica 1), y de acuerdo a una tendencia lineal estadística

se elige como valor al que está más próximo de esta línea, el cual es la calculada por el método geométrico por porcentaje, tomándose como población para el diseño 12,660 habitantes.

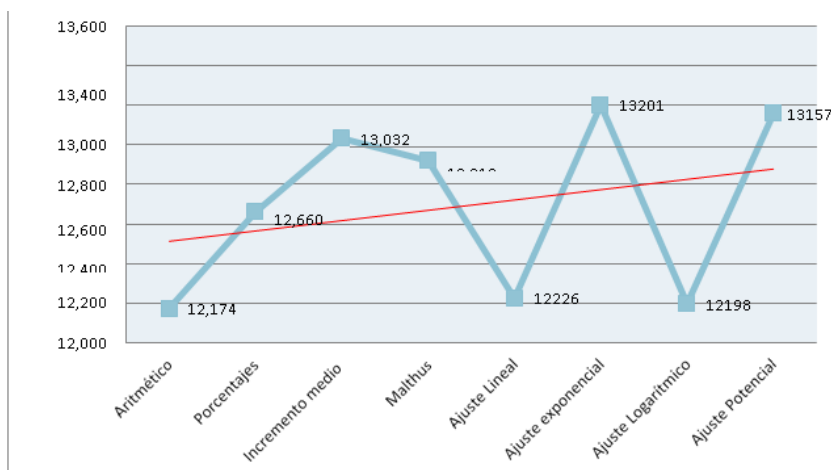


Figura 1. Proyección de la población al 2040

### *DETERMINACIÓN DEL CONSUMO Y DOTACIÓN.*

El consumo y dotación se calculó de acuerdo a los datos que proporcionó el Sistema de Conservación de Agua Potable y Saneamiento del Agua de Jiutepec, se tiene que en promedio la población de Jiutepec, consume 21m<sup>3</sup>/toma/mes.

Conforme a la información investigada de la zona de proyecto, el clima que predomina al año es cálido subhúmedo y de un nivel socioeconómico medio de acuerdo a investigaciones de INEGI, por lo tanto la dotación requerida para la población según lo establece CONAGUA es de 203 l/hab/día.

Esta dotación incluye las pérdidas físicas que podrían suscitarse en la red de distribución, por ende, el consumo por usuario sería de aproximadamente 20.9m<sup>3</sup>/toma/mes, consumo y dotación que aprueba el Sistema de Conservación de Agua Potable y Saneamiento del Agua de Jiutepec, por estar muy aproximado al promedio del consumo de agua potable a nivel municipio.

### *CÁLCULO DE GASTOS DE DISEÑO.*

Gasto medio diario. En base a la dotación determinada de 203 l/hab/día y la población de proyecto de 12660 habitantes se determinó el Gasto medio diario de 29.74 l/seg.

Gasto máximo diario y horario. Para el cálculo del gasto máximo diario y horario se tomó como coeficiente de variación diaria 1.4 y 1.55 para el coeficiente de variación horaria, obteniéndose un gasto máximo horario de 64.54 l/seg.

OBRA DE CAPTACIÓN. Las obras de captación que operan en la actualidad para abastecer la Colonia Morelos, son: Pozo Morelos con un gasto de extracción de 16 l/seg y Pozo Porvenir con un gasto de extracción de 36 l/seg, pero debido al régimen de operación de estos, se le ofrece agua a la comunidad en una modalidad no recomendada, la cual es en tandeos, brindándoles el servicio un día sí y un día no,

conllevar a consumos bajos para las necesidades de la población; para el correcto y óptimo funcionamiento de este nuevo sistema de abastecimiento se necesitará una obra de captación capaz de extraer 42 l/seg considerando un régimen de operación en el que se le brinde a la comunidad un servicio continuo los 365 días del año, sin tomar otros factores que puedan ocasionar lo contrario, acatando esto, se les garantiza a los usuarios la dotación de agua del diseño, la cual es de 203 l/hab/día.

**DISEÑO LÍNEA DE CONDUCCIÓN.** Para el correcto diseño de la línea de conducción, se propone que este quede ubicado en el mismo terreno donde se encuentra el actual pozo Morelos al tanque superficial, debido a que se considerará el almacenamiento de agua en este tanque. (Ver figura 2). El material a utilizarse en la línea de conducción será de hierro fundido dúctil, ya que al tener un gasto de diseño alto, se pretende dar rigidez y resistencia al impacto a la línea de conducción



Figura 2. Línea de conducción nueva propuesta

Además para el diseño de la línea de conducción se consideró que el tiempo de bombeo del pozo Morelos al Tanque elevado, sea de 20 horas, de 4 de la mañana a 12 de la mañana, estas horas son las de mayor demanda en la localidad

Tabla 2. Análisis del costo de las distintas horas de bombeo.

Horas de bombeo (hrs)	Gasto máximo de diseño a extraerse (l/s)	Costo total de bombeo anual (\$)
24	42	\$1,513,998.95
22	46	\$1,521,475.15
20	50	\$1,505,552.95
18	56	\$1,520,108.01
16	63	\$1,522,240.08

Como se muestra en la anterior tabla, son 20 horas de bombeo en las cuales, el costo total anual de bombeo es el más económico.

### Resultados y Discusión.

De acuerdo a los resultados obtenidos respecto a las velocidades, se observan velocidades por debajo de la mínima que establece CONAGUA de 0.3 m/s para tubos de PVC, esto se justifica ya que los gastos en la red de distribución son bajos, las velocidades bajas en la red puede presentar problemas de depositación de sólidos y esto



reduciría el tamaño de la tubería; este problema se resolvería con un correcto tratamiento de agua para que el agua potable que circule, no contenga ningún tipo de materia que conlleve a esto. Además, toda la red principal cumple con los límites de velocidades establecidos, las que no cumplen son algunas tuberías secundarias ubicadas en los extremos de los ramales o en ramificaciones de la misma red secundaria.

Memoria de cálculo para la obtención del diámetro económico. Como primer paso para el cálculo del diámetro económico es obtener un diámetro base de partida, el cual se obtiene con la fórmula

$$Q = 50 \frac{l}{s} \left( \frac{1 m^3}{1000 l} \right) = 0.05 m^3/s$$

Por lo tanto el diámetro de partida será

$$D_0 = 1.2\sqrt{0.05} = 0.26 m = 10 in$$

En base a este diámetro se deben hacer los siguientes cálculos con un diámetro inferior y uno superior a este, para posteriormente elegir de estos el más económico.

Pérdidas de presión por fricción, se determinaron con:

$$H_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Dónde:

f = Coeficiente de pérdidas (adimensional)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

V = Velocidad media del flujo (m/s)

g = Aceleración gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

hf = Pérdida de energía por fricción (m)

Diámetro interno de acuerdo al catálogo por parte del proveedor, D (interno) de 0.2056 m, entonces el radio vale 0.1028 m. Para calcular la velocidad de flujo entonces:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.05}{\pi(0.1028)^2} = 1.51 m/s$$

Donde:

- Q= gasto en el tubo en m<sup>3</sup>/s
- A= área de la sección interna del tubo

Para calcular número de Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{(1.51)(0.2056)}{8.37 \times 10^{-7}} = 369939.4$$

Cálculo del factor f:

$$f = \frac{0.25}{\left( \log \left( \frac{0.26/1000}{\frac{0.2056}{3.71}} + \frac{5.74}{369939.36^{0.9}} \right) \right)^2} = 0.0216$$

Longitud de la línea de conducción= 85 metros

$$H_f = 0.0216 \frac{85(1.51)^2}{0.2056(19.62)} = 1.037m$$

Otras pérdidas por accesorios:

$$H_{fa} \text{ para este caso vale } 10\%H_f = 0.1 * 1.037 = 0.1037m$$

$$H_f \text{ total} = H_f + H_{fa} = 1.037 + 0.1037 = 1.14 m$$

Cálculo de la potencia de la bomba. Primero se debe de calcular la altura a vencer por parte de la bomba la cual será igual a:

$$H = H_{ftotal} + dt + ti + a + Nd = 1.14 + 1.25 + 3 + 143 = 148.39 m$$

Dónde:

- $H_f$  total = Perdidas de carga totales
- $dt$  = Desnivel topográfico entre cota del pozo y cota del tanque superficial de 1.25 metros
- $ti$  = tirante de agua en el tanque = 3 metros
- $a$  = altura del tanque = 0m (por ser un tanque superficial)
- $Nd$  = Nivel dinámico del pozo = 143 metros

Para la potencia de la bomba se utiliza la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{QH}{76\eta} = \frac{(50)(148.39)}{76(0.70)} = 139.46 HP$$

Donde:

- $Q$  = gasto en el tubo en l/s
- $H$  = Altura total a vencer
- 76= Factor de conversión para unidades de caballos de fuerza
- $\eta$ = Eficiencia de la bomba (se considerará un 70%) Por tanto:

Para bombear agua del pozo al tanque superficial se necesitará una bomba de 140 H.P. capaz de bombear 50 l/s a una altura de 148.39m.

El golpe de ariete se presentará cuando haya un cambio repentino en la velocidad del flujo generando una sobrepresión en el tubo de la línea de conducción.

$$S = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{Ea(d)}{Et(e)}}} = \frac{(145)(1.51)}{\sqrt{1 + \frac{20650(22.2)}{2160000(0.82)}}} = 195.15 m. c. a.$$

Donde:

- $S$  = Sobrepresión generada por golpe de ariete (m.c.a)
- $V$  = Velocidad del flujo, (vale 1.51 m/s)
- $Ea$  = Modulo de elasticidad del agua, (vale 20670 k/cm<sup>2</sup>)
- $Et$  = Módulo de elasticidad del material de las paredes del tubo (vale 2160000kg/cm<sup>2</sup>)
- $e$  = Espesor de la pared del tubo (vale 0.82 cm)
- $d$  = diámetro nominal del tubo (vale 22.2 cm)

Además a la sobrepresión causada por el golpe de ariete se le adiciona la carga normal de operación, la cual es la suma de la diferencia de niveles entre el pozo (nivel de terreno) y el tanque superficial, más el tirante del tanque y las pérdidas de fricción, esta carga es

de 5.39m. La presión total que tendrá el tubo al ocurrir el golpe de ariete será igual a 200.54 metros columna de agua (m.c.a.)

Para los volúmenes de obra se hacen las siguientes consideraciones:

- Para la excavación se considera 70% material tipo 3 (material de alta dureza como rocas) y 30% material tipo 2 (conformado por arena, grava, arcilla o una combinación de los anteriores formando un material semiblando)
- Medidas de zanjas de excavación:
  - Tubo de 8 in: 0.75m de ancho y 1.15m de profundidad
  - Cama de arena de 10 cm de espesor.
  - Relleno con material de banco, 90% de este compactado al 90% proctor y 10% con compactación a volteo.
  - Concreto a reemplazar tendrá una resistencia de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ .

Los costos de la obra calculados para un diámetro 8 pulgadas son \$250,534.00. A esto debe aplicarse un cargo anual de amortización, este porcentaje que será del %10.9546.

$$\text{Cargo anual por amortización} = (\$250,534)(0.109546) = \$27,445.03$$

Además, para el cálculo del costo de bombeo anual para cada caso diferente, se realizó la conversión de la potencia de la bomba, pasando de caballos de fuerza a kilowatts/hora.

$$\text{Potencia de la bomba} = \frac{0.7457 \text{ kwh}}{1HP} = 104 \text{ kwh}$$

El costo por kilowatts es de \$1.947 según la Comisión Federal de Electricidad CFE, por lo tanto el costo de bombeo por hora, será resultado de multiplicar los kwh por el costo, teniendo:

$$\text{Costo por hora de bomba} = (\$1.947 * 104) = \$202.48$$

El costo anual, será resultado de multiplicar las horas que se pretende estará prendida la bomba para el correcto funcionamiento del sistema de agua potable por el costo por hora de bombeo, como se mencionó anteriormente serán 20 horas al día en que estará funcionando la bomba, por lo tanto las horas anuales, se determinan multiplicando los 365 días por las 20 horas consideradas, obteniendo un total de 7300 horas anuales.

$$\text{Costo anual de bombeo} = (\$202.48 * 7300) = \$1,478,107.93$$

El tanque superficial actual que tiene una capacidad de 300m<sup>3</sup> el cual servirá como almacenamiento del agua y para la distribución se construirá un tanque elevado con capacidad de 60m<sup>3</sup>, La altura del tanque elevado a nivel de solera será de 20 metros, con un tirante de agua de 3 metros, para que las presiones en la red de distribución no sean menores a los 10 m.c.a en ningún punto. (Ver figura 3)

## Conclusiones.

Se estableció la demanda de agua potable que requerirá la Colonia Morelos, con base en la información recolectada y procesada de las diferentes fuentes se logró analizar y describir de una manera adecuada las principales características del área en estudio.

Se caracterizó de manera adecuada el sistema de acueducto existente, de tal forma que se identificaron las deficiencias que este presenta y se confirmó la exigencia de un financiamiento para la construcción de este proyecto.

Por medio del desarrollo de los diferentes métodos de proyección de población se logró obtener un estimado de la cantidad de personas que habitarán en la Colonia Morelos hasta el periodo de diseño establecido.

Se especificaron los parámetros necesarios para llevar a cabo el proyecto ejecutivo de tal manera que al ejecutarse, el resultado de la obra sea el adecuado, con una funcionalidad hidráulica correcta.

El trabajo realizado es un aporte importante para el desarrollo de la comunidad y el mejoramiento en la calidad de vida de su población.

### **Agradecimientos.**

Al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Al departamento de Ciencias de la Tierra de Ingeniería Civil.

Al Sistema de Conservación, Agua Potable y saneamiento de agua de Jiutepec, (SCAPSJ).

### **Referencias**

1. CNA, C. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Tlalpan, México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
2. CNA, C. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Tlalpan, México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
3. Inst. Ingeniería del agua y m.a. Universitat Politècnica de València.. (2002). Análisis Hidráulico y de calidad en redes de distribución de agua; manual de usuario. Valencia, España: redhisp.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

# DESARROLLO DE SOFTWARE DE CONTROL UTILIZANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL Y DEEP LEARNING PARA MARCADO DE ENCUARTE

A. Carrasco Aráoz<sup>1</sup>; L.M. García Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cuerpo Académico Mecatrónica Inteligente y sus Aplicaciones, TecNM/ Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n, Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México. C.P. 73960.

[alfredo.ca@teziutlan.tecnm.mx](mailto:alfredo.ca@teziutlan.tecnm.mx), [Luis.mg@teziutlan.tecnm.mx](mailto:Luis.mg@teziutlan.tecnm.mx)

**Área de participación:** *Sistemas Electromecánicos (IME)*

## Resumen

El presente trabajo muestra la propuesta para el desarrollo de un software de control para realizar marcas de referencia en el encuarte trasero del pantalón de mezclilla para el pegado de la bolsa trasera. La problemática fue detectada en la región de Teziutlán Puebla, lugar donde la principal industria es la de la confección de prendas de exportación. Para el tratamiento de la imagen se utiliza el filtro gaussiano y el algoritmo de Harris para la detección de esquinas incluidos en la librería OpenCV para Python. Estos dos complementos permiten poder obtener las coordenadas de las esquinas y a través de un tratamiento mediante geometría analítica se determinan los movimientos de los actuadores encargados de realizar las marcas. Para el desarrollo del sistema se utilizan dos metodologías la primera para el desarrollo de la investigación donde se utiliza la metodología denominada investigación experimental y la segunda para el desarrollo del software donde se emplea la metodología en V, que se adapta al diseño planeado. De manera concluyente se puede advertir que la metodología planteada arroja los resultados esperados, ya que como se muestra a lo largo de documento es posible obtener los parámetros deseados con su implementación, sin dejar de lado el planteamiento de mejoras como trabajo futuro.

## Introducción

En la región de Teziutlán, Pue., la industria predominante es la de la confección de prendas de mezclilla de exportación, en su mayoría los denominados “jeans”. En la elaboración de los pantalones existen tareas repetitivas que se desea sean procesos automáticos con capacidad de toma de decisiones, emulando las propias de una persona, o bien aquellas que demandan de mucha atención, al realizar ajustes complicados. Particularmente, en la línea de ensamble del pantalón de mezclilla, para unir la bolsa trasera con el encuarte se tienen que realizar unas pequeñas marcas. Esta tarea que actualmente es realizada de forma manual por un operador, con el transcurrir de la jornada laboral ve mermada la productividad por factores, como el cansancio o estrés, decrementando con esto la calidad de la operación y en consecuencia de la pieza. Estudios realizados por el departamento de producción han detectado que el personal dedicado a esta actividad ocupa hasta el 30% del tiempo productivo en otra actividad que no necesariamente aporta valor a la prenda.

Por la naturaleza de las operaciones de la confección las partes a marcar cambian en tamaño, modelo y en orientación, pues los diseños son variables a derecha e izquierda. Para solventar la automatización del proceso antes descrito se propone el uso de técnicas de visión artificial y deep learning, que contribuyan a crear un software de control a partir de un algoritmo computacional que tenga la capacidad de reconocer el encuarte

trasero y distinguir si es derecho o izquierdo, así como de generar las coordenadas para guiar el sistema que se encarga de realizar las marcas antes señaladas. Para esto, se propone implementar una red neuronal del tipo convolucional, cuya tarea específica sea detectar y clasificar el tipo de prenda que se introduce a la máquina. De igual forma, para el filtrado de la imagen se utiliza un filtro Gaussiano, que por sus características resultó ser el idóneo para la aplicación. Finalmente, para la detección de las esquinas se utiliza el método de Harris con el cual se extraen las coordenadas particulares del contorno que se toman como base para la localización de las marcas.

Se debe mencionar, que el presente documento aborda el trabajo previo donde se muestra la versatilidad de la visión artificial en la solución de la problemática presentada, así como en la variedad de los procesos productivos de la industria; se analiza, además la metodología para el desarrollo del software, así como los resultados y conclusiones.

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

En la actualidad la exigencia de la industria ha crecido gradualmente en cuanto al nivel de calidad de los productos, por esta razón, las industrias deben modernizar sus sistemas de control de calidad. Actualmente la fuerza de trabajo representada por los operadores es afectada por diferentes factores, tales como el cansancio o la temperatura de las áreas, mermando su confiabilidad. De ahí la necesidad de plantear tecnología para la inspección y análisis de los productos finales. La visión artificial inició su desarrollo en la década de 1960, desde entonces ha avanzado progresivamente hasta convertirse en nuestros días, en la herramienta más utilizada en el control de calidad final de los productos. Ortega et.al (Ortega, Moyano, Sbrugnera, & Tejerina, 2013).

Para realizar la clasificación de las características de las imágenes captadas por la visión artificial se recurre a algoritmos de machine learning, disciplina en el ámbito de la Inteligencia Artificial (IA) que crea sistemas que aprenden automáticamente. Gutstein et. al (Gutstein, Fuentes, & Freudenthal, 2008), (S.Sabeenian, Paramasivam, & Dinesh, 2012).

La visión artificial ha tenido alto impacto en los procesos industriales, como lo expuesto en el trabajo de P. Constante, A. Gordón y O. Chang, en donde se presenta un sistema de visión artificial capaz de detectar características de las fresas usadas en la industria alimenticia. Se ha utilizado una arquitectura neuronal profunda compuesta de dos etapas. Se utiliza Agentes Neurales Entrenables Aisladamente (ANEA's), los cuales usan imágenes de fresas como ejemplos y ruido blanco como contra ejemplo; se utiliza la librería Open CV para el tratamiento de las imágenes Constante et. al (Constante, Chang, Pruna, & Escobar, 2016).

En la medicina el uso del deep learning ha tenido gran auge para resolver problemas que son de vital importancia en esta rama, un ejemplo es el trabajo de Mohammad Havaei y colaboradores, quienes presentan un método de segmentación de tumores cerebrales totalmente automático basado en redes neuronales profundas. Las redes propuestas se adaptan a glioblastomas (tanto de grado bajo como alto) representados en imágenes de RM. Estas razones motivan la exploración de una solución de aprendizaje automático.



Se usa la arquitectura de las redes convolucionales y se adapta al problema Havaei et.al. (Havaei, 2017).

La detección y clasificación de defectos de tela juega un papel importante en la inspección de productos textiles. Muchos defectos de la tela son muy pequeños e indistinguibles. El problema lo resuelve el proceso de detección de defectos usando la frecuencia estadística y espacial combinada de resolución múltiple, implementado visión por computadora R. Sabeenian et al (2012). Del mismo modo István Erényi y Judit Pongrácz han realizado un trabajo para el control de la calidad en una industria textil. En este trabajo también se desarrolla la construcción de hardware mediante el procesamiento de imágenes de alta velocidad Erényi et. al. (J & Pongrácz, 1991).

Saeidi y colaboradores, describieron un sistema de inspección de tela basado en la visión por computadora, las imágenes capturadas se sometieron a un algoritmo de detección de defectos, que era basado en los conceptos de la transformada wavelet de Gabor y una red neuronal como clasificador. Los resultados del sistema diseñado se compararon con los de la visión humana Parick et. al (C. L. Parick Hui, 2011).

Como puede observarse el uso de la visión artificial en la industria textil es ampliamente utilizado por su versatilidad, esto da pauta para implementar un sistema para localizar donde trazar las marcas donde deberá colocarse la bolsa en el encuarte trasero. Para el desarrollo del presente trabajo se tomó como base el método de detección de esquinas de Harris implementado en la librería OpenCV para Python esta técnica permite obtener las coordenadas de las esquinas con las que se obtiene la posición que deberán tener las marcas.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizan dos metodologías la primera será la utiliza para el desarrollo del trabajo de investigación y la segunda es la utilizada para el desarrollo del software.

Para desarrollar la investigación se emplea la metodología de Investigación: Investigación denominada investigación Tecnológica

La metodología básica que seguir es la que describe a el proceso de clasificación de imágenes digitales de una manera generalizada pero aplicable al objeto de estudio a través de la siguiente metodología Sebasti et. al. (Comas & Meschino, 2014).

- A. Extracción de candidatos
- B. Extracción de características
- C. Clasificación de los candidatos
- D. Refinación de la decisión
- E. Decisión final
- F. Evaluación del rendimiento

En el presente trabajo se utilizará la metodología de ciclo de vida en V, diseñada por Alan Divis, la cual comprende cuatro etapas o niveles de desarrollo. Esta metodología es conveniente para un proyecto como el que se desarrollará debido a que es pequeño, además es una estructura que permite un resultado verificable desde la primera etapa, los niveles que la forman son:



El segundo complemento clave es la aplicación de OpenCV, la cual es una librería de código abierto utilizada ampliamente para visión artificial y aprendizaje de máquina o (machine learning) la cual fue construida para proporcionar una infraestructura común para aplicaciones de visión por computadora, opera sobre una licencia BSD lo cual hace que sea fácil para las empresas utilizar y modificar el código. González et. al. (Gonzalez & Woods, 2007).

Los sistemas de percepción computacional, como también se conoce a la visión artificial, van más allá de medir o detectar, estos sistemas perciben, es decir descifran o reconocen el mensaje sensorial (Véase Figura 2). La información visual es una proyección bidimensional de objetos tridimensionales y, por tanto, la imagen que capta el ojo humano o una cámara digital tiene infinitas interpretaciones posibles. La percepción es un proceso que se distribuye a lo largo del espacio y del tiempo. López et. al. (Antonio, "Coursera," Curso: detección de objetos. [Online], 2014).

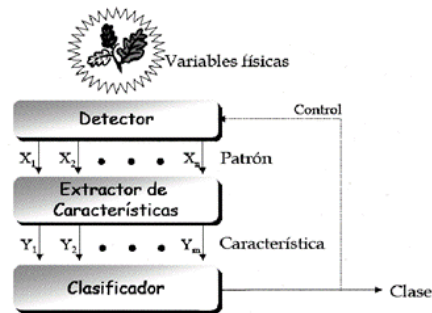


Figura 2 Metodología para el desarrollo detectores López et. al. (2014)

El programa computacional deberá tener la capacidad para detectar el contorno y las esquinas del encuarte trasero para poder distinguir entre la pieza izquierda y la derecha. Para lograrlo se busca localizar las coordenadas reales donde se realizarán las marcas mediante una imagen captada por una cámara de 1.2 mega pixeles.

Para determinar el filtro digital a utilizar se realizaron pruebas con una computadora con un procesador de 4 núcleos con 2.1 GHz de velocidad y 8 GB de RAM usando el IDE Pycharm Community, utilizando como interprete Python 3.7. Para el análisis de la imagen se utiliza la librería OpenCV versión 3.0.0.

Se desea encontrar un filtro con una ejecución aceptable para que el flujo de la información sea eficaz por lo que para medir el tiempo de ejecución se adhirieron etiquetas con el módulo de tiempo de Python, así, se obtuvieron 10 tiempos de ejecución y se determinó el promedio de éstos.

Para Blanes et. al. (Blandes & Gorricho, 2010) la calidad de una señal transformada (f) con respecto a la señal de origen (g) se puede determinar con una evaluación de error cuadrático medio MSE (por sus siglas en ingles) y la relación de señal de pico a ruido PSNR (por sus siglas en inglés).

$$MSE = \frac{1}{(xy)} \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y (f(i,j) - g(i,j))^2 \quad (1)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{MAX^2}{MSE} \right) \quad (2)$$

Al tener ancho x y altura de la imagen siendo MAX es el valor máximo que puede tomar un píxel, MSE y PSNR se pueden obtener con las expresiones 1 y 2 respectivamente.

Valores pequeños de MSE indican que la correlación entre la señal original y la transformada es mayor debido a que el error es reducido. Para PSNR los valores típicos fluctúan entre 30 y 50 dB correspondiendo valores altos a imágenes de alta calidad.

OpenCV ofrece los filtros: filtro bilateral, filtro con núcleo gaussiano (gaussianBlur), filtros de caja (desenfoco) y su equivalente con la caja estándar (boxFilter), filtro de convolución con el núcleo específico (filtro2D) y el filtro de mediana (medianaBlur).

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos y con base a ellos se elige el filtro Gaussiano para el filtrado de la imagen.

Tabla 1. Resultados de la aplicación del filtro (fuente propia 2021)

	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

Para el proceso de detección de las esquinas se emplea el método de detección corner Harris. La inclinación por esta técnica es el resultado de aplicar la función del detector de bordes Harris en la imagen.

De forma similar a cornerMinEigenVal () y cornerEigenValsAndVecs (), para cada píxel (x; y) calcula una matriz de covarianza de gradiente 2x2 M(x; y) terminado un barrio blockSize x blockSize. Luego, calcula la siguiente característica:

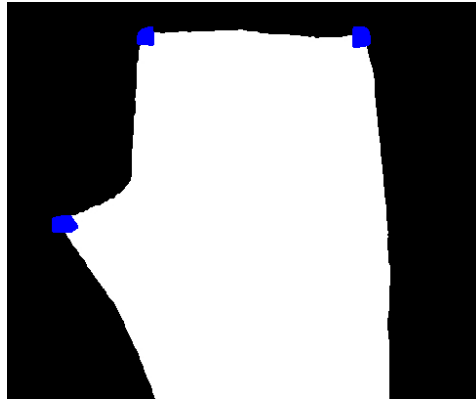


Figura 3 Detección de esquinas con el algoritmo de Harris (fuente Propia 2021)

La figura 3 muestra la eficacia del algoritmo de Harris para detectar las esquinas de interés de la prenda, la figura 4 muestra la salida del algoritmo para localizar los centroides ubicados en las esquinas marcadas en rojo, verde y azul, en conjunto con las líneas que servirán de apoyo para hacer las marcas

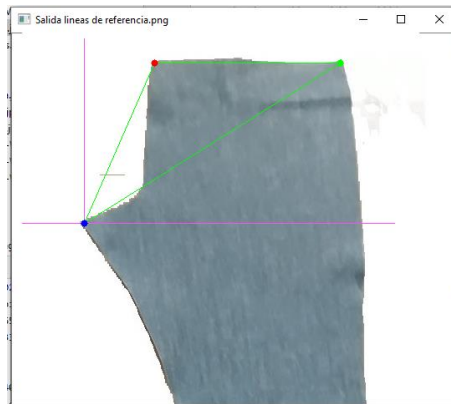


Figura 4 Salida del algoritmo con líneas de apoyo (fuente propia 2021)

## Conclusiones.

En el desarrollo del trabajo se pudo apreciar que el problema planeado de localizar las esquinas se puede solucionar aplicando la técnica de segmentación de imagen y el algoritmo de Harris. Para el clasificador, se utilizará una red neuronal convolucional, la cual tendrá la tarea de distinguir si la prenda a procesar corresponde al tipo deseado y si es derecha o izquierda. Con la localización de las esquinas es posible extraer las coordenadas de su ubicación para trazar marcas para colocar las piezas del ensamble de la prenda. Finalmente, a través de un tratamiento por geometría analítica se hace la conversión de pixeles a la distancia que han de moverse los actuadores.

Para mejorar el funcionamiento del dispositivo se propone como trabajo futuro agregar la capacidad de obtener automáticamente las coordenadas de nuevos modelos, es decir, mostrar la pieza terminada y que el software determine la posición donde debe hacer las marcas de referencia.

## Referencias.

1. Antonio, L. P. (2014). "Coursera," Curso: detección de objetos. [Online]. Obtenido de <https://www.coursera.org/learn/deteccion-objetos/>.
2. Antonio, L. P. (2014). "Coursera," Curso: detección de objetos. [Online]. . Obtenido de <https://www.coursera.org/learn/deteccion-objetos/>.
3. Blanes, J. S., & Gorricho, J. L. (2010). *Técnicas de Evaluación de la Calidad de la Imagen .Tendencias y métricas basadas en Bordes*. UPC.
4. C. L. Parick Hui, N. S. (2011). "Review of Application of Artificial Neural Networks in Textiles and Clothing Industries over Last Decades," in Artificial Neural Networks - Industrial and Control Engineering Applications. *InTech*.
5. Casallas, R., & Yie, A. (2010). *Ingeniería de Software ciclos de vida y metodologías* . Univ Los Andes Fac Ing.
6. Comas, D. S., & Meschino, G. J. (2014). "Segmentación de Imágenes mediante Reconocimiento de Patrones,". *Esc. y Work. Argentino en Ciencias las Imagenes*.
7. Constante, P., Chang, O., Pruna, E., & Escobar, I. (2016). Artificial Vision Techniques for Strawberry 's Industrial Classification. *IEEE Lat. Am. Trans*, 2576–2581.
8. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2007). *Digital Image Processing (3rd Edition)*. .
9. Gutstein, S., Fuentes, O., & Freudenthal, E. (2008). Knowledge Transfer in Deep Convolutional Neural Nets. *Int. J. Artif. Intell. Tools*, 555-560.
10. Havaei, M. (2017). Brain tumor segmentation with Deep Neural Networks. *Med. Image Anal.*, 18–31.
11. J, I. E., & Pongrácz. (1991). Quality control in textile industry via machine vision. *Microprocess. Microprogramming*, 807–813, .
12. Ortega, C. D., Moyano, F. E., Sbrugnera, C. G., & Tejerina, T. J. (2013). "Técnicas de Implementación de Visión Estereoscópica en Robótica.
13. S.Sabeenian, R., Paramasivam, M. E., & Dinesh, P. M. (2012). Computer Vision based Defect Detection and Identification in Handloom Silk Fabrics" . *Int. J. Comput.* , 41-48.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## CARACTERIZACIÓN DE TEMPERATURA EN METALES MEDIANTE PATRONES SPECKLE

Oscar Sarmiento Martínez<sup>1</sup>, Varga Vega Minerva Guadalupe<sup>1</sup>, Herrera Romero Víctor Arturo<sup>1</sup>

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

oscar.sm@zacatepec.tecnm.mx , minerva.vv@zacatepec.tecnm.mx [L15090450@zacatepec.tecnm.mx](mailto:L15090450@zacatepec.tecnm.mx)

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos*

### Resumen

Los sensores tienen programadas diferentes técnicas de medición, según el uso del dispositivo o variable a medir, en este caso comprobaremos la técnica de medición de temperatura por patrones Speckle, la cual nos ayuda a usar una imagen como referencia para obtener la temperatura de un objeto, en este reporte sólo se ha usado esta técnica únicamente para medir temperaturas bajas en metales, aunque la idea es que a futuro se pueda compactar tal técnica en un dispositivo y pueda ser usado como sensor para poder hacer mediciones en cualquier otro objeto donde la temperatura sea un factor importante para la toma de decisiones como: la electricidad, para saber si los cables presentan sobrecalentamiento; en medicina, para medir la temperatura de un paciente; industria, para monitorear que el proceso de algún producto cumpla con estándares o reglas establecidas, etc. Este reporte contiene los instrumentos, programas, softwares y herramientas que se usaron para poder llevar a cabo la técnica de una manera adecuada y que los resultados comprueben que la técnica de Speckle pueda ser usada como una forma para medir la temperatura.

### Introducción.

Varios efectos pueden resultar de enfriar o calentar un objeto, tales como: alteraciones en dimensiones físicas, variaciones de propiedades eléctricas, la generación de fuerza electromotriz (fem) en la unión de dos metales diferentes, así como también cambios en la intensidad de la radiación total emitida, entre otros. A pesar de que los cambios en el estado físico-químico proporcionan una referencia básica como estándar de temperatura, cualquiera de estos efectos puede ser utilizado para medir temperatura a distancia [1]. Por otra parte, es conocido que la distribución de la temperatura tiene un rol importante en muchas áreas de la ciencia e ingeniería, tal es así, que han surgido nuevos métodos de medición de temperatura, entre los cuales, los métodos de no contacto tienen la ventaja de medir la temperatura de un objeto sin perturbar el campo de distribución de temperatura [2]. Las técnicas ópticas pueden medir y calcular la variación en la temperatura mediante el cambio en la propiedad óptica, la cual es causada por la diferencia de temperatura [3]. En este contexto, hay un gran número de técnicas ópticas que explotan esta propiedad. De lo anterior, se propone utilizar la propiedad de coherencia de una fuente de luz láser para generar patrones de speckle (moteado) [4]. El principio se basa en determinar los cambios ocurridos en los patrones de speckle registrados en función del tiempo y temperatura de placas metálicas [2]. Estos cambios serán registrados y procesados con respecto a un patrón de speckle de referencia a una temperatura conocida, para posteriormente relacionarlos mediante su coeficiente de correlación con la temperatura obtenida de un arreglo de sensores uniformemente distribuidos en las placas de prueba. El objetivo es comparar los resultados obtenidos de la Técnica de Speckle con los datos obtenidos de un sensor de

temperatura para validar que dicha técnica puede ser usada para crear un sensor que mida altas y bajas temperaturas.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Cuando un haz de luz coherente (por ejemplo, un haz laser) incide sobre una superficie rugosa, se produce un patrón aleatorio de intensidades, el cual es conocido como patrón de moteado (Speckle), el cual se debe a la propiedad de coherencia de la fuente de luz con la interacción de la rugosidad de la superficie bajo iluminación [4]. Por otro lado, la aleatoriedad del campo óptico puede cambiar si la superficie bajo iluminación es sometida a deformaciones, los cuales originan desplazamientos que dispersan la intensidad de luz en otra dirección, lo cual es aprovechado para el estudio de las características de las superficies [5]. A partir de las propiedades de las distribuciones de speckle, se han desarrollado métodos diferentes técnicas de medición con un alto grado de sensibilidad aplicado a superficies, como lo es la Interferometría de Speckle, la cual es una técnica basada en la comparación de dos o más distribuciones de intensidades. Posteriormente, las distribuciones (patrones) de speckle se han registrado usando cámaras y su procesado se ha realizado electrónicamente mediante el registro de imágenes, esta técnica es conocida como Interferometría Electrónica de Speckle o ESPI (en inglés, Electronic Speckle Pattern Interferometry). Actualmente, el hardware y software desarrollado ha hecho posible el uso de cámaras de carga acoplada (CCD) [2]. Por otra parte, mediante tarjetas de adquisición de datos y algoritmos de procesamiento de imágenes en computadoras, es posible visualizar en tiempo real las imágenes de intensidades debidas a los cambios físicos en la superficie. Como se mencionó anteriormente la imagen deformada es tomada y comparada con un patrón de referencia antes de la deformación, esto es el principio de funcionamiento del sensor, ya que la variación obtenida es registrada y procesada como una imagen para comparar con otra imagen no deformada. Las imágenes asociadas a la temperatura están relacionadas por la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N [I_R(k, l, t_0) - \bar{I}_R(t_0)][I_0(k, l, t) - \bar{I}_0(t)]}{\sqrt{\left\{ \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N [I_R(k, l, t_0) - \bar{I}_R(t_0)]^2 \right\} \left\{ \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N [I_0(k, l, t) - \bar{I}_0(t)]^2 \right\}}} \dots \text{Ec.(1),}$$

Eq. 1 Coeficiente de Correlación [3]

donde  $I_R(k, l, t_0)$  representa la imagen de un patrón de color gris no deformado (inicio de la prueba), e  $I_0(k, l, t)$  es el patrón que representa los diferentes estados de cambio en el patrón y la intensidad media de los fotogramas correspondientes [6],  $\bar{I}_R(t_0)$  es el valor medio de patrones no deformados e  $\bar{I}_0(t)$  son sus valores medios en los patrones de cambio [2]. Finalmente  $\sum_{k=1}^N \{ \}$  y  $\sum_{l=1}^N \{ \}$  representan la sumatoria de imágenes obtenidas. El cambio en el coeficiente de correlación se calculó a partir del valor de correlación obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta C = 1 - C$$

..... Ec.

(2).

Eq. 2 Cambio en el Coeficiente de Correlación [3]

Este cambio en el coeficiente de correlación es el que será graficado y comparado con las gráficas de obtención de temperatura. Las gráficas del Coeficiente de Correlación serán como las siguientes

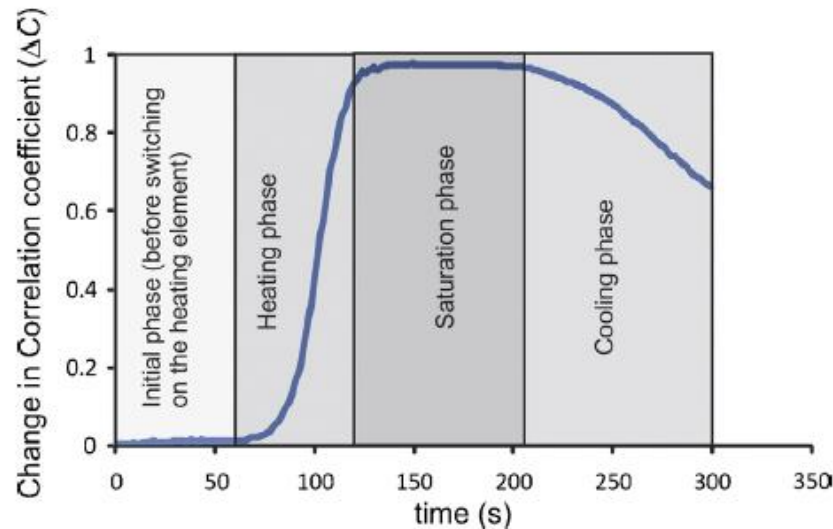


Fig. 1 Gráfica de Tiempo Vs Coeficiente de Correlación [3]

Mostrando así cuatro etapas: 1) Fase inicial, 2) Calentamiento, 3) Saturación, 4) Enfriamiento. Matemáticamente, el coeficiente de correlación "C" es un número que cuantifica un tipo de correlación y dependencia, indicando relaciones estadísticas entre dos o más valores en la estadística fundamental. El coeficiente que utilizamos para este experimento es el "coeficiente de correlación de Pearson", una medida de la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables. Normalmente, si los dos diagramas de Speckle comparados cambian significativamente, el coeficiente C parece ser menor. En otras palabras, si el entorno cambia más, C se hace más pequeño, revelando una relación negativa. Por tal motivo, tomamos  $\Delta C$  como criterio para obtener una correlación positiva [7].

## Resultados y Discusión.

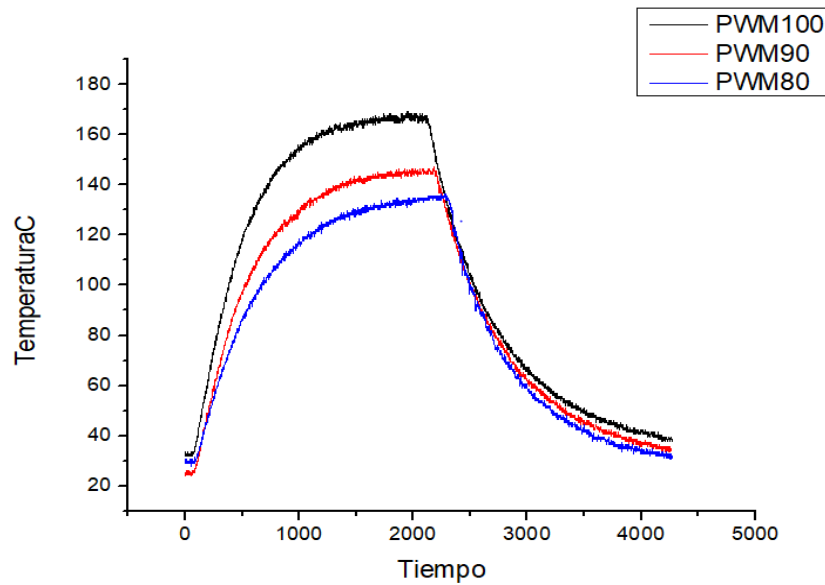


Fig. 2 Gráfica Tiempo Vs Temperatura

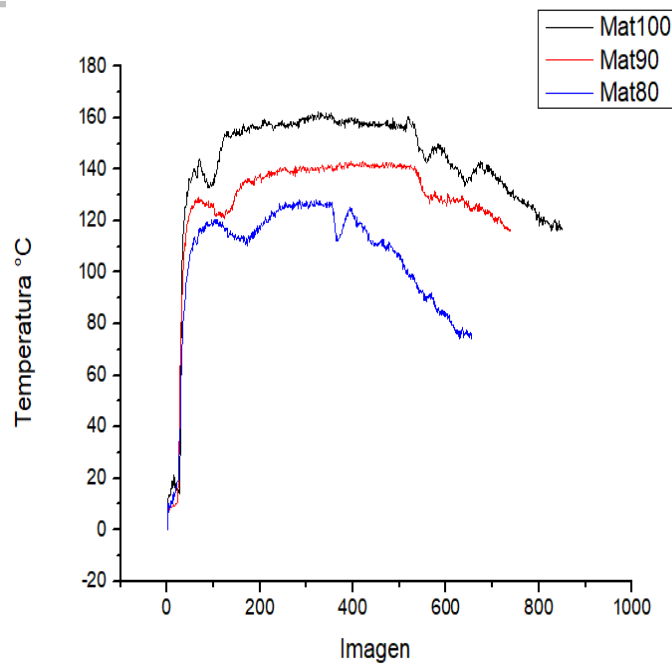
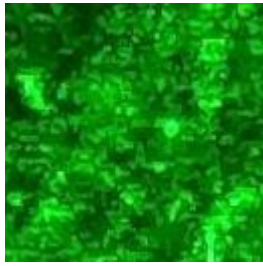
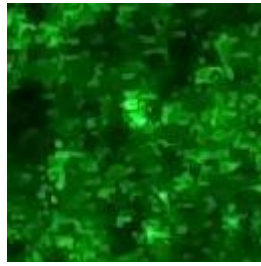


Fig.3 Imágenes Vs Temperatura

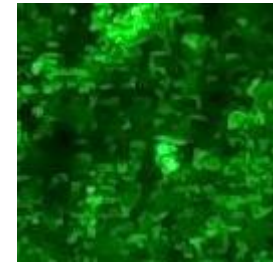
Las gráficas obtenidas muestran una mejor representación del comportamiento de la temperatura. Ahora comparamos los patrones de las imágenes obtenidas, esto es, seleccionar la misma imagen capturada en diferentes pruebas para observar el patrón



Img. No. 300 a 50°C



Img. No. 300 a 70°C



Img. No. 300 a 140°C

Fig.4 Patrones Speckle

Realizando la comparación de gráficas obtenidas con el punto dónde se tomaron las imágenes podemos concluir que al ser modificados los patrones, indican un diferente valor de temperatura para el mismo número de imagen en que fueron tomados, también podemos ver que los resultados de la gráfica del lado derecho de la Fig.1 se asemejan entre sí a las gráficas de la Fig.1 del lado derecho, las diferencias mostradas se deben a la diferencia de capturas de datos, esto es: que las imágenes obtenidas fueron tomadas cada 5 segundos, mientras que los datos de temperatura se obtuvieron cada mili-segundo, dando así una presentación diferente en las gráficas. Sin embargo podemos descartar esta pequeña diferencia en las pruebas y concluir que tanto las gráficas de temperatura como las del Speckle tienen una cresta, un valle y un periodo de estabilización, esto las hace similares y en conclusión se comprueba que la técnica sí puede ser usada para medir temperatura en objetos metálicos.

### Conclusiones.

Se comprobó que la técnica de Speckle para medición de Temperatura en placas metálicas es correcta. Se implementó y caracterizó un sensor óptico para la medición de temperatura.

### Referencias

1. C.S. Rangan, G.R. Sharma, V.S.V. Mani. Instrumentation devices and systems, 2nd ed., Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2004.
2. N. Fujisawa, S. Aiura, M. Ohkubo, T. Shimizu, Temperature measurement of dilute hydrogen flame by digital laser-speckle technique, *J. Vis.* 12 (2009)57–64.
3. V. Trivedi, S. Mahaja, V. Chhaniwal, Z. Zalevsky, B. Javidi, A. Anand. Optical temperature sensor using speckle field. (1 de Septiembre del 2014) Elsevier, 216, 312-317.
4. Vismay Trivedi, Swapnil Mahajan, Mugdha Joglekar, Vani Chhaniwal, Zeev Zalevsky, Bahram Javidi, Arun Anand . 3D printed hand-held refractometer based on laser speckle correlation. Julio de 2019. Elsevier, 118, 7-13.
5. P. Aswendt and R. Hofling. Speckle interferometry for analysing anisotropic thermal expansion application to specimens and components. (14 de Diciembre del 2002). Elsevier, 24(8), 611-617

6. Lili Chen, Ulana Cikalova, Beatrice Bendjus, Stefan Muench, Mike Roellig. An Optical Sensor System for Characterization of Ceramics based on Laser Speckle Photometry. 2019. Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS, 2, 297-303.
7. Vinh Tung Le. Thermal strain measurement using digital image correlation method. (Noviembre de 2016) ResearchGate, 1-3.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS EN INSTALACIONES ACUÁTICAS

B. Pamela Santana R<sup>1</sup>, Rosember Ovando C.<sup>1</sup> J. Efraín Ruiz R.<sup>1</sup> y J. Alfonso Santana C<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Metal Mecánica Instituto Tecnológico de Zacatepec, , Calzada Tecnológico No. 27. Zacatepec, Morelos. C.P. 62780, [bryandasantana@gmail.com](mailto:bryandasantana@gmail.com) , [rosember.oc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:rosember.oc@zacatepec.tecnm.mx), [jose.rr@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.rr@zacatepec.tecnm.mx), [jose.sc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.sc@zacatepec.tecnm.mx).

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos*

### Resumen

Los costos de los combustibles y en las tarifas de energía eléctrica, así como la situación de contaminación por la generación de energías tradicionales ha despertado el interés por el uso de energías renovables y tecnologías sustentables, obteniendo un beneficio económico y ecológico, se realiza un estudio y análisis del uso de energías limpias para la implementación de calefacción en **instalaciones acuáticas** múltiples, la **energía solar** térmica es una alternativa técnica y económica favorable para **climatizar** piscinas e instalaciones acuáticas, el diseño de los sistemas de calentamiento en este tipo de instalaciones se puede interpretar como un proceso sencillo de dimensionar, sin embargo, tienen un alto grado de complejidad, ya que en el vaso de la alberca se dan todas las manifestaciones de transferencia de calor de forma simultánea: conducción, convección y radiación además de evaporación y el efecto que producen los propios bañistas, los resultados alcanzados determinan todos los parámetros necesarios para la instalación y puesta en marcha del sistema, además de incluir el balance térmico del sistema y el costo-beneficio.

### INTRODUCCIÓN

La energía solar es tan abundante que puede aprovecharse para satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad. El aprovechamiento de este recurso se presenta de distintas maneras, por ejemplo: a través de los llamados colectores solares, los cuales captan la radiación del sol y transfieren calor a un fluido, el diseño de estos colectores solares dependerá de sus aplicaciones [1].

La climatización de instalaciones acuáticas constituye un elevado consumo de energía durante el año. Los colectores solares son la mejor alternativa para calentar el agua, reduciendo los costos de consumo de energía, ya que aprovecha directamente la energía del sol [2], ya que es una alternativa técnica y económica favorable para climatizar piscinas e instalaciones acuáticas [3].

En el diseño de los sistemas de calentamiento se debe considerar las manifestaciones de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, así como la evaporación y el efecto propio del uso de la instalación.

Omitir las variables a las que están sometidas las instalaciones acuáticas podría producir un dimensionamiento erróneo de los sistemas térmicos necesarios para el calentamiento óptimo del agua.

Este proyecto desarrolla y engloba todas las variables y constantes involucradas durante el proceso de calentamiento de una piscina, incluyendo el balance térmico [4] del sistema y el costo-beneficio de incluir este tipo de sistemas solares.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

### Antecedentes

Con la instalación de equipos sustentables [5] se pretende abatir los costos en el consumo de energía (energía eléctrica y/o gas) y también disminuir del CO<sub>2</sub> que producen los equipos tradicionales.

Este diseño debe contemplar todos los parámetros involucrados en los sistemas tanto de recirculación de agua en una piscina como los sistemas de calefacción.

Se desarrolló una hoja de cálculos que permita al usuario, calcular de manera óptima, eficiente y rápida los parámetros de un sistema de calefacción solar para instalaciones acuáticas.

### Instalaciones acuáticas

Estanque natural, artificial o parcialmente artificial modificado, de cualquier dimensión y volumen, construido con dispositivos y accesorios que facilitan el nado, la recreación, la relajación, la terapia, la enseñanza, deporte, el baño o la inmersión. Puede ser interior, techada o en exterior, las características a considerar en una instalación acuática: temperatura, velocidad de recirculación del agua, aforo, en la piscina, dimensiones y capacidad de la piscina y sistema de filtración [6].

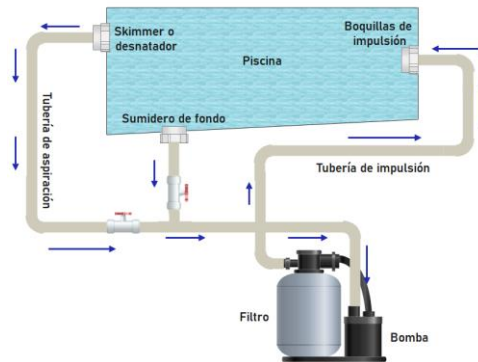


Figura 1 Diagrama típico de una piscina

### Configuración hidráulica de los colectores solares

Para el diseño de sistemas de calentamiento de agua solar es importante considerar el tipo de arreglo o configuración hidráulica en la que estos serán conectados [7].

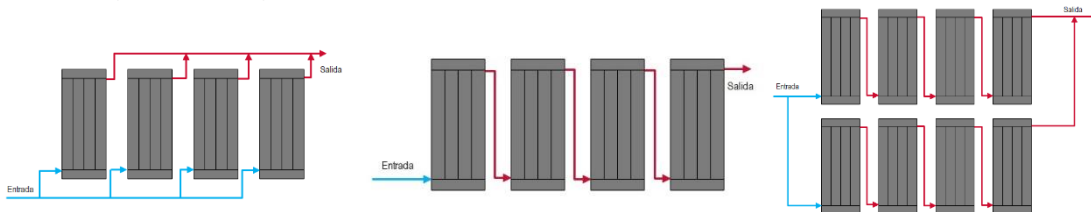


Figura 2 Arreglo de conexión de colectores (paralelo, serie o mixto)

### Sistemas de calefacción solar

Los sistemas de calefacción solar para instalaciones acuáticas han tenido una gran aceptación, aunque la inversión inicial es costosa, su mantenimiento es mucho más económico que los sistemas convencionales que utilizan energía eléctrica o gases.

Este tipo de sistemas tiene sus limitantes, el tiempo de respuesta inicial para calentar el agua varía según la radiación solar que se tenga en el lugar de la instalación de los equipos solares, la temperatura ambiente, la velocidad del viento, incluso del material de construcción de la piscina.

Un sistema de calefacción solar se compone principalmente por los siguientes equipos: **bomba de recirculación, colectores solares y sistema de control de temperatura** [6].

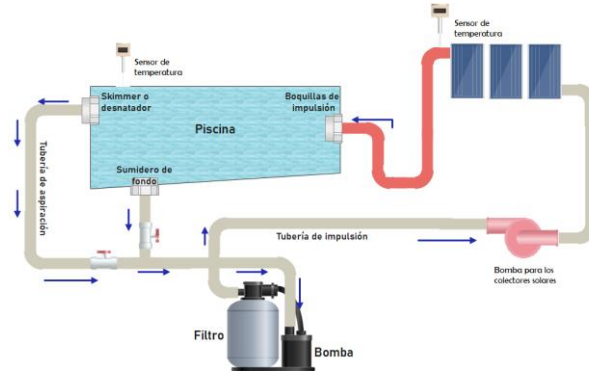


Figura 3 Sistema de Calefacción Solar para una piscina

### Balace térmico de una piscina.

Para el balance térmico de una piscina. se parte de un modelo fisicomatemático ya existente, en el cual teóricamente se realiza un balance energético de un sistema de control, en este caso la piscina o instalación acuática, y se determina su comportamiento térmico en estado transitorio [1] [4].

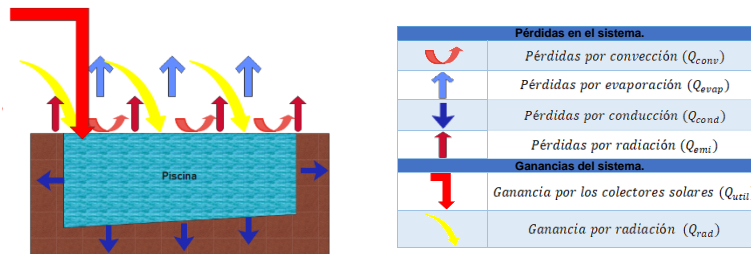


Figura 4 Balance térmico de una piscina

## Resultados y Discusión.

### Características de la instalación acuática:

De uso público o semipública, para 19 viviendas de un fraccionamiento del municipio de Yautepec, a la intemperie, donde influye la temperatura ambiente, la radiación directa del sol y el viento, con base a la Norma Técnica Sanitaria para instalaciones acuáticas, se establece que la temperatura sugerida para una piscina de uso multipropósito y/o público es de 29 a 30 °C, el tiempo de recirculación recomendado para la correcta limpieza de la piscina es de máximo 8 horas y mínimo de 6 horas, se pretende instalar los colectores solares sobre el techo del área de descanso de los bañistas.

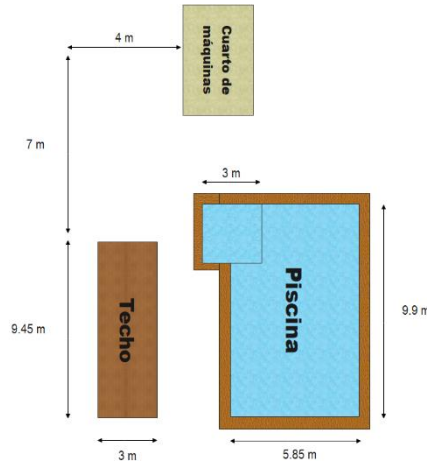


Figura 5 Dimensiones de la Piscina

**Hoja de cálculo.**

Con la hoja de cálculo diseñada se ingresaron los datos de la piscina, área de instalación, uso, ubicación y condiciones de esta, así como los parámetros de los equipos ya instalados.

Diseño de la piscina		
Rectangular		
Dimensiones		
Largo	9.9	m
Ancho	5.85	m
		m
Profundidad		
Prof. Mayor	1.3	m
Prof. Menor	-	m
Área de instalación		
Largo	9.45	m
Ancho	3	m
Altura	2.95	m
Área total	28.35	m <sup>2</sup>

Uso de la piscina		
Pública/Semi Pública		
Descripción	Hoteles, clubes privados, condominios	
Temperatura max.	31	°C
Temperatura min.	29	°C
Tiempo de recirculación	6	hr
Condiciones de la piscina		
Exterior		
Se recomienda el uso de manta térmica		
Ubicación	Yautepec	
Irradiación solar promedio.	6.09	kWh/m <sup>2</sup> /día
Equipos instalados		
Filtro		
Flujo	375	LPM
Presión	50	PSI
Bomba		
Potencia	2	HP
Flujo	165	LPM
Presión	-	PSI
Tubería hidráulica		
Material	PVC	
Diametro	2	in

Figura 6 Datos generales de la piscina

Variables calculadas de la piscina		
Volumen	75.2895	m <sup>3</sup>
	75289.5	lt
Área superficial	57.915	m <sup>2</sup>
Profundidad promedio	1.3	m
Caudal de diseño	12.5483	m <sup>3</sup> / hr
Caudal de diseño	210	LPM

Figura 7 Variables calculadas por la hoja de cálculos

Colectores Solares		
Sol Grande 10		
Descripción	Panel solar de caucho sintético para soportar los rayos UV.	
Total de colectores requeridos	9	
Área requerida para instalación	36	m <sup>2</sup>
Angulo de inclinación recomendado:	17°	
Eficiencia	60	%
Largo	3.048	m
Ancho	1.2	m
Área del colector	4	m <sup>2</sup>
Temperatura de trabajo	49	°C
Presión recomendada	20	PSI
Flujo recomendado	28	LPM

Figura 6. Número de colectores solares y datos técnicos del mismo.

### Balance térmico

Se realizó el balance térmico de la piscina semi pública del proyecto Arboleada, mediante el uso de Excel.

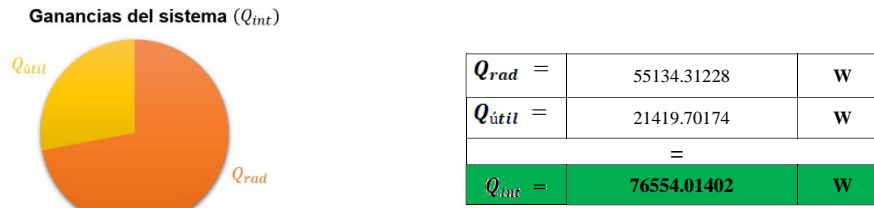


Figura 7. Ganancias del sistema.

El mayor aporte de potencia al sistema se da por la radiación solar directa que incide sobre la piscina, esta ganancia solo se presenta en piscinas exteriores. También se calcularon las pérdidas que el sistema tiene por los distintos medios de transferencia de calor y se tiene que:

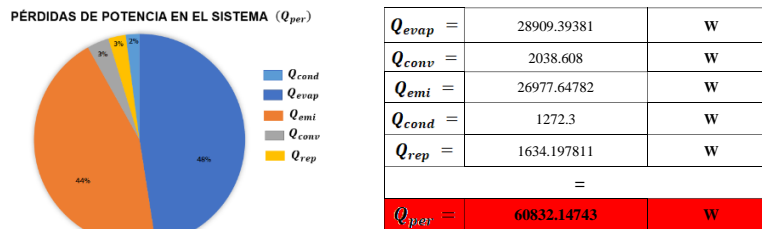


Figura 8. Pérdidas del sistema.

Las pérdidas de potencia se dan por la evaporación del agua del vaso de la piscina, que se da de manera natural o por la salida de agua que provocan los bañistas, además que la menor pérdida que se tiene es por la conducción a través de las paredes. Las pérdidas en el sistema están por debajo de las ganancias que este obtiene, por lo que se determina que la aportación de energía solar por medio del campo de colectores y la radiación directa del sol, proporcionarían una temperatura confort para el recinto [2].

Comparativa de las ganancias del sistema.

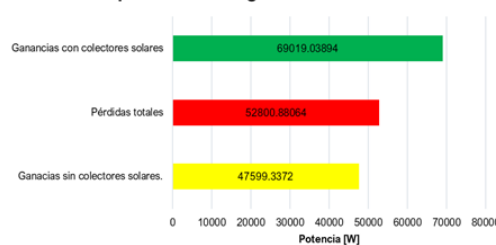


Figura 9. Ganancias vs. Pérdidas.

El tiempo que el sistema tardaría en alcanzar la temperatura ideal (31°C) y considerando para este ejercicio que las pérdidas y ganancias se mantienen constantes durante todo el estado de transición del tiempo se obtuvo la siguiente gráfica:

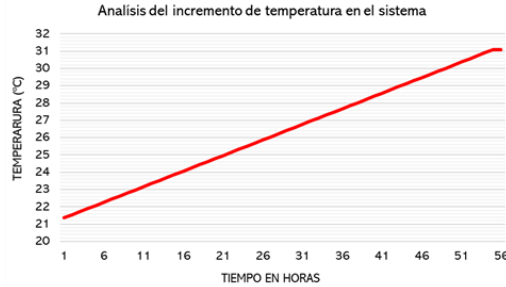


Figura 10. Incremento de la temperatura a través del tiempo.

El tiempo que tomará este sistema en alcanzar su temperatura ideal partiendo de una temperatura inicial de 21 °C será de 56 horas, es decir aproximadamente 2 días y medio, al alcanzar la temperatura ideal, esta se mantendrá constante en un rango de  $\pm 3$  °C esto debido a que, en un estado real, las pérdidas y ganancias no son siempre constantes.

### Sistema de calefacción solar propuesto

De acuerdo con los datos obtenidos a través de la hoja de cálculo se tiene que para el proyecto Arboleada se necesitan 9 colectores solares Sol Grande modelo SG4X10 para lograr la temperatura requerida.

La conexión en paralelo de los colectores solares es el más común y nos garantiza que no se afecte su eficiencia, además de que se obtendrá un mayor flujo, aunque se puede obtener una menor temperatura.

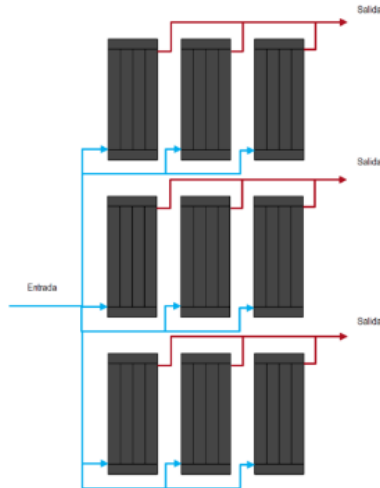


Figura 11 Arreglo de Colectores Propuesto.

### Conexión del sistema de calefacción solar

La tubería hidráulica del retorno de agua a la piscina se debe intervenir para instalar el sistema de calefacción solar, el cual se distribuirá de la siguiente manera:



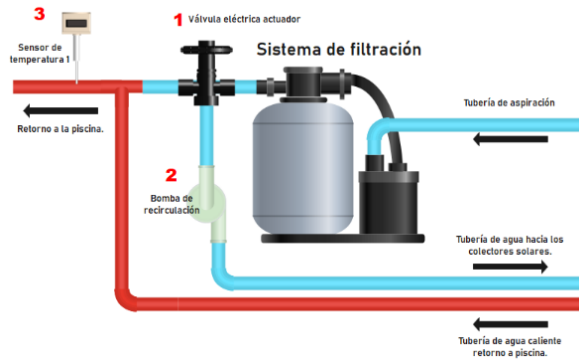


Figura 12. Instalación de la tubería para el sistema de calefacción solar.

El control de temperatura es automático, el cual permitirá que el proceso de filtración y calentamiento de agua funcionen de manera autónoma. Cuando la piscina requiere calor y hay energía solar disponible el controlador desvía automáticamente el agua que fluye entre el filtro y la piscina y hace circular el agua a través de los colectores solares.

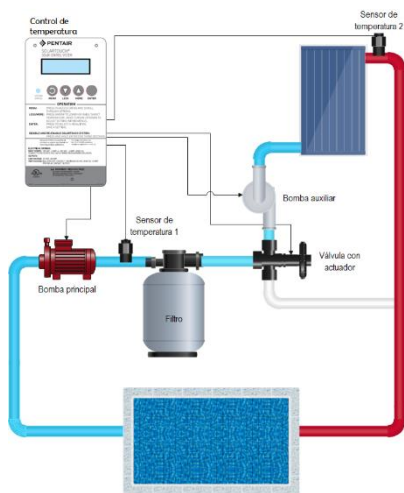


Figura 14 Diagrama hidráulico del sitio

- Simbología**
- █ Tubería de aspiración
  - █ Tubería de impulsión
  - █ Tubería de suministro de agua a los colectores solares
  - █ Tubería de agua caliente: Salida de los colectores solares.
  - ⊖ Sumidero de fondo
  - Skimmer
  - Boquilla de impulsión

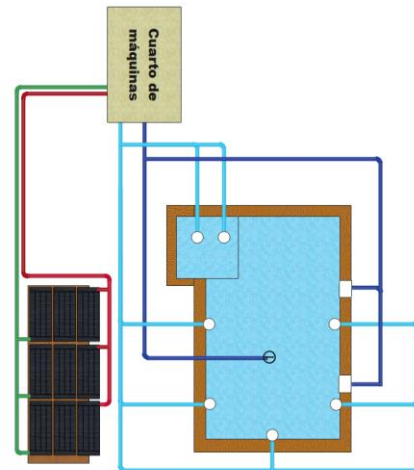


Figura 13 Tubería para los Colectores Solares

## Conclusiones

Frente a la evidencia recaudada, podemos deducir que el dimensionamiento y diseño de sistemas de calefacción solar para instalaciones acuáticas resulta ser más complejo de lo que se piensa. Durante el desarrollo de este proyecto se observó que la mayoría de las empresas que se dedican al dimensionamiento de este tipo de sistemas no consideran todos los parámetros técnicos involucrados, solo se enfocan en desarrollar sus sistemas de acuerdo con lo que los fabricantes de los equipos térmicos solares recomiendan, esta manera de dimensionar sistemas solares no resulta ser lo más eficiente, ya que no se están considerando las variables térmicas y ambientales que afectan directamente la temperatura de la piscina.

Al desarrollar el balance térmico de la piscina se puede determinar si el sistema de colectores solares propuesto tendrá la eficiencia solicitada, es decir, que si logrará alcanzar la temperatura requerida. Además, al conocer todas las pérdidas y ganancias de potencia se puede determinar donde corregir las fugas de calor que puedan existir, como, por ejemplo: Si la piscina se encuentra en el exterior, tendrá un gran aporte de potencia por la radiación solar directa sin embargo durante la noche se puede presentar un mayor número de pérdidas por convección, debido a que la temperatura ambiente baja considerablemente. Al tener determinados estos valores se puede recomendar el uso de una manta térmica, la cual ayudara a evitar pérdidas en el sistema.

Se puede concluir que el calentamiento de instalaciones acuáticas mediante sistemas solares resulta ser una opción con muchos beneficios económicos y ambientales, si se desea utilizar una caldera de gas para climatizar la piscina de este proyecto, el costo aproximado solo de combustible por año sería de \$ 448,000.00, con la misma capacidad térmica con respecto a la propuesta por colector solar, que se estima de \$114,510.00 con un tiempo de recuperación de 4 meses.

## Referencias

1. Y. A. C. & M. A. Boyles., Termodinámica., McGraw-Hill, 2011.
2. D. A. & V. R., «Diseño conceptual y básico de un sistema de calentamiento solar para climatizar el agua de una piscina de la universidad de EAFIT,» Medellín., 2007.
3. C. G., «CLIMATIZACIÓN DE UNA PISCINA SEMIOLÍMPICA CUBIERTA.,» Madrid., 2010.
4. D. J., «MODELADO DINÁMICO DE UNA PISCINA CLIMATIZADA ASISTIDA CON ENERGÍA SOLAR.,» Cartagena., 2013.
5. C. V., «INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS Y TÉRMICAS EN PISCINAS,» Ciudad de México., 2017.
6. G. H., Manual Técnico de Diseño y Construcción de Piscinas., Guatemala, 2012.
7. R. P., « PANELES SOLARES TÉRMICOS.,» 2020. [En línea]. Available: [INSTALACIONESYEFICIENCIAENERGETICA.COM/PANELES-SOLARES-TERMICOS-CUAL-ELEGIMOS/](https://www.gpa.com.mx/) .
8. GPA, «General de Productos para Agua.,» 21 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.gpa.com.mx/>.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## DESARROLLO DE UN BRAZO ROBOT DE 6 GRADOS DE LIBERTAD PARA EXPLORACIÓN MÉDICA POR TERMOGRAFÍA INFRARROJA 2D

Juan Reyes-Luévano<sup>1</sup>, J. Ascención Guerrero-Viramontes<sup>1,2</sup>, M. Funes-Gallanzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Posgrado e Investigación del TecNM/Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Av. Adolfo López Mateos No. 1801 Ote., Aguascalientes; México- [juanreyes.luevano@gmail.com](mailto:juanreyes.luevano@gmail.com),

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica del TecNM/Instituto Tecnológico de Aguascalientes- [jaguerrero.ita@gmail.com](mailto:jaguerrero.ita@gmail.com), <sup>3</sup>Ardita México S.A de C.V. Av. Chapalita No. 1143, 45040 Guadalajara, Jalisco; México- [jaguerrero.ita@gmail.com](mailto:jaguerrero.ita@gmail.com),

**Área de participación:** Sistemas Electromecánicos (IEM).

**Resumen:** En este trabajo se presenta el desarrollo e implementación de un brazo robot de seis grados de libertad, para ser destinado a tareas de exploración en el área médica. Su diseño permite manipular una cámara termográfica 2D, con el propósito de captar de forma controlada información de los patrones térmicos presentes en el cuerpo humano, a nivel superficial. Esta información es importante para evaluar la condición de evolución u obtener un diagnóstico médico en pacientes con daño de tejido en la piel (quemadura), úlceras, pie diabético y problemas de circulación sanguínea. Como resultado, este sistema de exploración presenta un bajo costo de implementación y alto desempeño (basado en tecnología de Raspberry Pi 3 B+, Arduino Due y Dynamixel), una alta repetibilidad (+- 1mm), una dinámica suave y capacidad para manipular una carga de 400 gramos. Estas características hacen de este equipo de exploración una propuesta ideal para aplicaciones de telemedicina.

**PALABRAS CLAVE:** Brazo robot, Exploración médica, Termografía infrarroja, Telemedicina.

### Introducción.

Hoy en día, los sistemas de visión son fundamentales en el desarrollo de tecnología avanzada para tareas de inspección y diagnóstico [1, 2]. Los servicios médicos son un prolifero campo para aplicaciones basadas en métodos de visión artificial. Específicamente se busca en esta área, que la tecnología de inspección y diagnóstico sea precisa, segura, automática (funcione con la mínima intervención humana posible), de bajo costo de implementación y factible para aplicaciones de telemedicina [3, 4]. En este sentido, importante información para inspección y diagnóstico puede ser obtenida de un objeto de estudio, a través de sistemas de visión artificial. Particularmente es de interés, obtener datos de volumen, forma, patrones de color, patrones térmicos y degradación del objeto bajo estudio. Esta información puede ser procesada por métodos de visión artificial como redes neuronales convolucionales y generar un resultado que ayude o complemente el trabajo de un médico especialista [5].

En sistemas de visión artificial existen diferentes sensores de cámara que permiten captar información de un objeto de prueba. Estas cámaras se clasifican de acuerdo con la región del espectro electromagnético en que opera el sensor. Entre ellas es posible mencionar principalmente tres tipos: 1) la cámara visible, 2) infrarroja (termográfica que opera en la región de los 7-14  $\mu\text{m}$ ) y 3) las cámaras multiespectrales. En este trabajo se hace uso de una cámara termográfica como medio de exploración. Entre las ventajas que ofrece esta técnica se encuentran que es de tipo no invasiva, de no contacto, de ejecución en tiempo real y su uso no representa efectos secundarios para el objeto de estudio [6-10].

Avances recientes han sido presentados en el área de diagnóstico médico por termografía. Los resultados indican que padecimientos como problemas de circulación sanguínea, úlceras, pie diabético y cáncer de seno; pueden ser detectados con antelación a partir de la información obtenida de los patrones térmicos (firmas de calor) captados usando termografía infrarroja como medio de exploración [11, 12]. Sin embargo, la tecnología reportada para estudiar al objeto de prueba (paciente), aún es altamente dependiente de la intervención humana, y, por ende, se dificulta obtener un diagnóstico más objetivo bajo condiciones controladas de exploración.

Con base en lo antes descrito, este trabajo tiene como objetivo desarrollar e implementar una propuesta de tecnología de exploración médica por termografía infrarroja, con las características necesarias para ser viable en aplicaciones de telemedicina.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

### Termografía Infrarroja.

La termografía infrarroja es una técnica de medición y caracterización que permite obtener una imagen 2D (dos dimensiones) de los patrones térmicos (firmas de calor) que exhibe un cuerpo, dada la radiación infrarroja que emite [7]. Se basa en el principio de que todo cuerpo con una temperatura por encima del cero absoluto (0 K) emite energía en forma de ondas electromagnéticas dentro de la banda espectral infrarroja (por debajo del rojo), específicamente en el rango de longitud de onda de 0.8-1000 micrómetros [8-10].

La tecnología de exploración que se implementa en este trabajo opera en la banda espectral LWIR (Long-Wavelength Infrared Radiation, por sus siglas en inglés), en el rango de longitud de onda de 7-14  $\mu\text{m}$ ; a través de un sensor de cámara infrarroja Therm-App (resolución base de 384x288 píxeles) y un lente de 13 milímetros. Véase Fig. 1.

El equipo de medición de temperatura a partir de termografía infrarroja mide la radiación infrarroja emitida por un objeto y convierte la energía  $E$  detectada en un patrón térmico 2D (imagen térmica), que contiene información del valor promedio de la energía cinética presente en la superficie del objeto de prueba. De acuerdo con [9], la energía  $E$  emitida por un objeto de estudio está dada por Ec. (1), donde  $\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzman ( $\sigma = 5.676 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ),  $T$  describe la temperatura absoluta de la superficie y  $\varepsilon$  corresponde a la emisividad del objeto.

$$E = \varepsilon\sigma T^4 \quad (1)$$



Figura 1. Sensor de cámara infrarroja Therm-App (384x288 píxeles) y lente de 13 milímetros.

Sin embargo, la energía radiada por un cuerpo y captada por la cámara termográfica, sufre un cambio significativo que está relacionado con el ángulo de captura de la escena y la longitud de onda captada por el sensor de la cámara termográfica. Este fenómeno produce efectos no deseados en la información de temperatura y patrones térmicos de la termografía de salida, y se atribuyen, al cambio aparente de la emisividad en la superficie del objeto. Pruebas experimentales descritas en [9] han mostrado que el error de estimación de la temperatura  $T$  en la superficie de un objeto de estudio, es poco significativo si el ángulo de captura de la escena no excede los 45 grados.

El cambio aparente de la emisividad  $\varepsilon$  del objeto es función del ángulo  $\phi$  de captura de la escena, la longitud de onda  $\lambda$  de la radiación que emite y la naturaleza del material. La corrección de emisividad dados  $\phi$  y  $\lambda$ , puede ser estimada por la Ec. (2); como se expone en [9].

$$\varepsilon_{\phi, \lambda} = \left[ 1 - \left( \frac{1}{2} \left( \frac{\beta - \cos \phi}{\beta + \cos \phi} \right) \right)^2 \right] \left[ 1 + \left( \frac{\beta - \cos \phi}{\beta + \cos \phi} \right)^2 \right] \quad (2)$$

Por su parte, el factor  $\beta$  se obtiene en base al índice de refracción  $n_\lambda$  del material.

$$\beta = \sqrt[2]{(n_\lambda^2 \sin^2 \phi)} \quad (3)$$

La importancia de controlar el cambio aparente de la emisividad durante el proceso de inspección reside, en que exceder el ángulo de inspección crítico de 45 grados, produce un cambio significativo en la información geométrica de los patrones térmicos y la coherencia entre diferentes escenas de la energía radiada en la superficie del objeto de estudio. Así mismo, como se ha mencionado, se presenta una discrepancia entre la temperatura real y la estimada a través de la energía radiada y captada por la cámara. Por lo tanto, controlar el proceso de exploración del objeto bajo estudio, es fundamental para minimizar el cambio que sufre la información geométrica de las firmas de calor y la emisividad, por efecto del ángulo de captura de la escena.

### ***Manipulador de seis grados de libertad con muñeca esférica.***

Con base en lo anterior, en este trabajo se aborda el desarrollo de un sistema para exploración médica por termografía infrarroja, basado en un brazo robot de seis grados de libertad, con eslabones de tipo revoluta y con muñeca esférica. El diagrama esquemático del manipulador que se implementa en este trabajo se presenta en la Fig. 2 a). Esta tecnología permite controlar de manera precisa la trayectoria de exploración y el ángulo de captura de la escena. De tal forma, que la información (patrones de calor y de emisividad) de cada termografía, se ve mínimamente afectada por el proceso que conlleva explorar el objeto de estudio. Así mismo, es posible automatizar el proceso de exploración de un objeto de estudio con una alta repetibilidad. Esta característica es altamente deseable en tareas de diagnóstico médico.

La cinemática directa del robot permite determinar la posición y orientación del eslabón final del manipulador a partir del ángulo de cada uno de los ejes. Para ello se hace uso del algoritmo Denavit-Hartenberg [13]. La matriz de transformación para cualquier cadena de eslabones ( $T_{(i-1)/i}$ ) del marco de referencia ( $x_0, y_0, z_0$ ) al  $i$ -ésimo eje, está

dado por Ec. 4. Para una serie de translaciones (*Trans*) y rotaciones (*Rot*) en el eje  $z$  y  $x$ . Por ende, la cinemática directa para toda la cadena de eslabones del robot se obtiene por Ec. 4. Véase Fig. 2 c).

$$T_{(i-1)/i} = Rot_z(\theta_i)Trans_{x,y,z}(a_i, 0, d_i)Rot_x(\alpha_i) \quad (3)$$

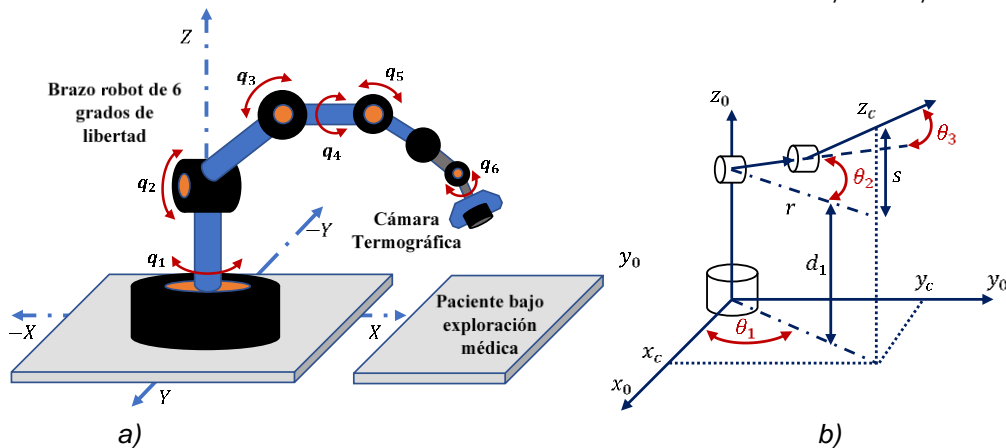
$$T_{(i-1)/i} = \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i C\alpha_i & S\theta_i S\alpha_i & a_i C\theta_i \\ S\theta_i & C\theta_i C\alpha_i & -C\theta_i S\alpha_i & a_i S\theta_i \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{(0)/6} = T_{0/1} \cdot T_{1/2} \cdot T_{2/3} \cdot T_{3/4} \cdot T_{4/5} \cdot T_{5/6} \quad (4)$$

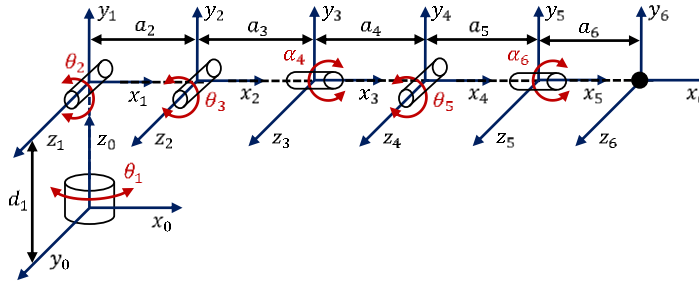
$$H = T_{(0)/6} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & x \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & y \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & O \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde la posición del extremo final del robot está dada por el vector  $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$  y la orientación por la matriz  $(\vec{n}, \vec{o}, \vec{a})$ . En la Ec. 4,  $C$  denota coseno y  $S$  a la función seno. De esta forma, los parámetros  $\alpha_i$  y  $\theta_i$  establecen la posición  $\vec{p} = (x, y, z)$  del extremo final del robot.

Dado que la topología del robot corresponde a la de un manipulador de ejes revoluta con muñeca esférica, se hace uso de la cinemática inversa para determinar el valor angular de los ejes que son necesarios, para posicionar el efector final del robot en el punto coordenado  $(x, y, z)$ . Véase Fig. 2 b) para un análisis de cinemática inversa, con el propósito de obtener los primeros tres eslabones del robot por métodos geométricos. Véase Ec. 5, Ec. 6 y Ec. 7. Un método similar es aplicado para obtener los valores angulares de los otros tres eslabones, haciendo uso de la matriz  $T_{0/3}$  y  $T_{3/6}$ .







c)

Figura 2. a) manipulador de seis grados de libertad, con eslabones de tipo revoluta y muñeca esférica. b) análisis para cinemática inversa. c) diagrama con los sistemas de referencia y ejes del robot, para análisis de transformación homogénea.

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{p_y}{p_x}\right) \quad (5)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{z_c}{\pm \sqrt{(x_c^2 + y_c^2 + z_c^2)}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{a_3 \sin \alpha_3}{a_2 + a_3 \cos \alpha_3}\right) \quad (6)$$

$$\theta_3 = \pm \frac{\sqrt{(1-D)}}{D} \quad D = \frac{(x_c^2 + y_c^2 + z_c^2 - a_2^2 - a_3^2)}{2a_2a_3} \quad (7)$$

Tabla 1. Parámetros Denavit-Hartenberg del manipulador de seis grados de libertad de tipo revoluta con muñeca esférica.

Eslabón	$\theta_i$	$d_i$	$a_i$	$\alpha_i$
1	$\theta_1$	0	0	90°
2	$\theta_2$	0	$a_2$	0
3	$\theta_3$	0	$a_3$	0
4	0	0	$a_4$	$\alpha_4$
5	$\theta_5$	0	$a_5$	0
6	0	0	$a_6$	$\alpha_6$

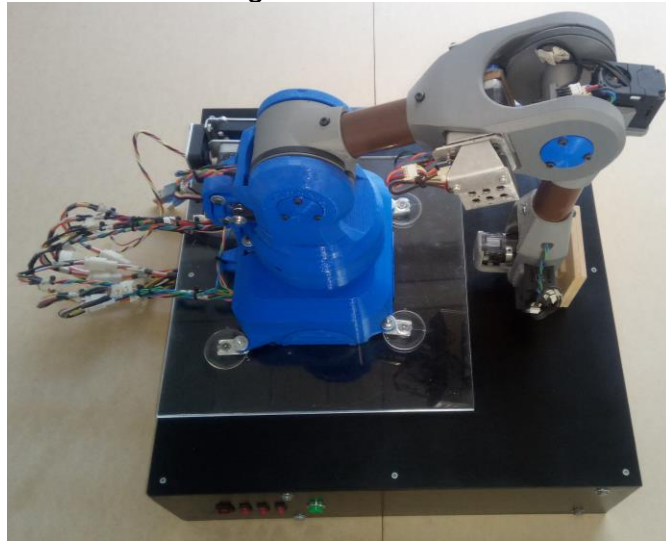
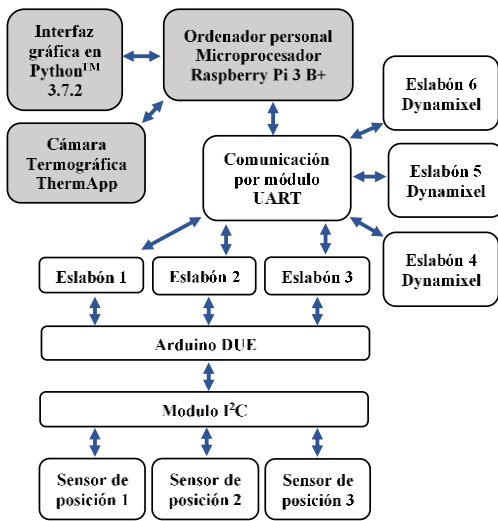
## Resultados y Discusión.

El manipulador (brazo robot) de seis grados de libertad que ha sido desarrollado en este trabajo se presenta en la Fig. 3 b). Su construcción está basada en tecnología de impresión 3D, a excepción de los rodamientos y otros elementos metálicos.

La Fig. 3 a) ilustra a grandes rasgos el diagrama a bloques del sistema para exploración médica por termografía, basado en el robot de seis grados de libertad. Con relación al hardware, cada uno de los tres primeros eslabones son gestionados por un Arduino Due que controla un motor a pasos mediante el controlador TMC2208. Además, para el sensado de la posición angular de cada eslabón, se hace uso del sensor AD560. Por su parte, los últimos tres eslabones encargados de la posición del efector final del robot hacen uso de un servomotor Dynamixel. De esta forma, es posible alcanzar una repetibilidad de  $\pm 1$  milímetro en el posicionamiento del robot. En este contexto, los seis eslabones del robot se comunican con el microprocesador principal (Raspberry Pi 3 B+), a través de un módulo UART. Finalmente, el software de control, configuración y diagnóstico está integrado en una interfaz visual desarrollada en Python Tkinter 3.7.3

que se ejecuta en la Raspberry Pi 3 B+. La Fig. 4 muestra los diferentes módulos de software del robot de seis grados de libertad.

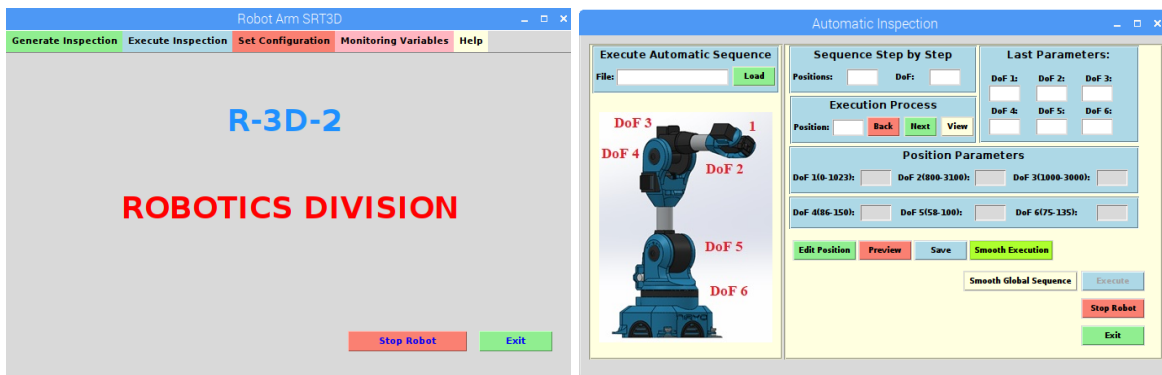
Como resultado, este sistema de exploración presenta un bajo costo de implementación y alto desempeño, una alta repetibilidad, una dinámica suave y capacidad para manipular una carga de 400 gramos. Estas características hacen de este equipo de exploración una propuesta ideal para aplicaciones de telemedicina. El diseño del efector final del robot permite manipular una cámara termográfica 2D, con el propósito de captar de forma controlada información de los patrones térmicos presentes en el cuerpo humano, a nivel superficial. Esta información es importante para evaluar la condición de evolución u obtener un diagnóstico médico en pacientes con daño de tejido en la piel (quemadura), úlceras, pie diabético y problemas de circulación sanguínea.



a)

b)

Figura 3. a) Diagrama a bloques del Sistema para exploración médica por termografía infrarroja. b) Prototipo real del manipulador de seis grados de libertad que se propone en este trabajo, para exploración médica.



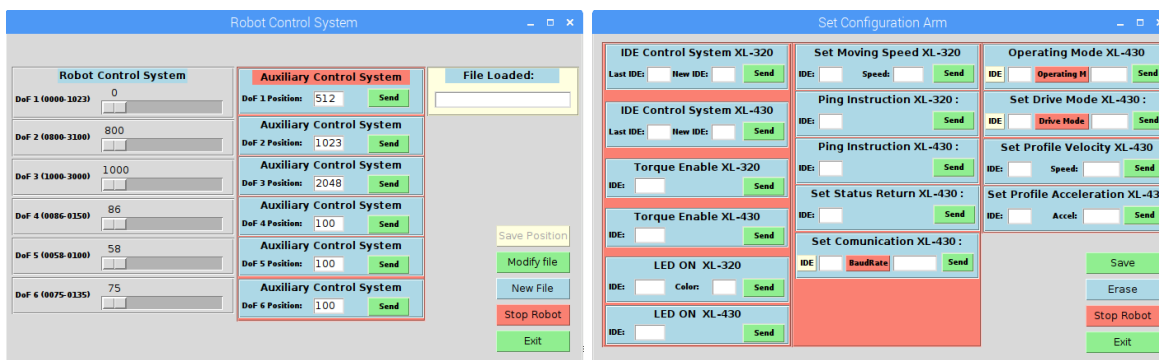


Figura 4. Software de control, configuración y diagnóstico, del sistema para exploración médica; basado en un manipulador de seis grados de libertad.

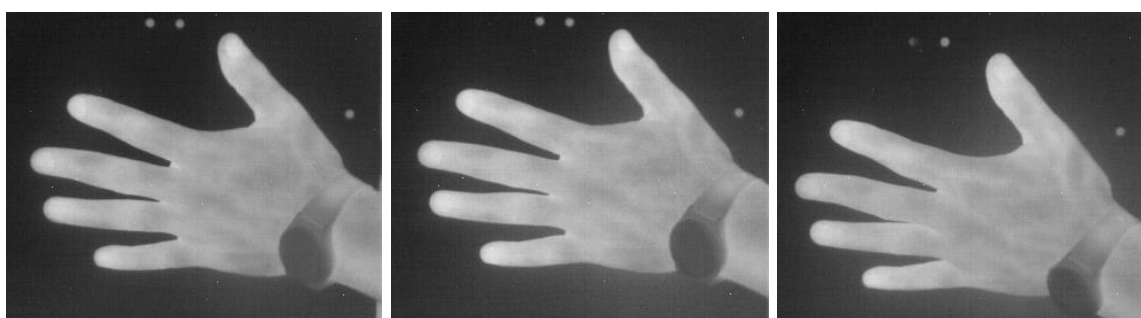


Figura 5. Termografías obtenidas durante un proceso de exploración basado en el manipulador que se propone en este trabajo.

## Conclusiones.

En este trabajo se presentó el desarrollo e implementación de un sistema para exploración médica por termografía infrarroja. Su diseño está basado en un manipulador de seis grados de libertad, que permite captar de forma controlada información de los patrones térmicos presentes en el cuerpo humano, a nivel superficial. Los resultados indican que este sistema de exploración presenta un bajo costo de implementación, alto desempeño, una alta repetibilidad ( $\pm 1$ mm), una dinámica suave, y capacidad para manipular una carga de 400 gramos. Estas características hacen de este equipo de exploración una propuesta ideal para aplicaciones de telemedicina. Particularmente, puede ser usado como una herramienta de apoyo para evaluar la condición de evolución u obtener un diagnóstico médico en pacientes con daño de tejido en la piel (quemadura), úlceras, pie diabético y problemas de circulación sanguínea.

## Agradecimientos.

Este trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) con el número de becario 743557, el TecNM/Instituto Tecnológico de Aguascalientes and Ardita México S. A de C. V.

## Referencias

1. Patel K. B., Zalte M. B., Panchal S. R., "A Review: Machine vision and its Applications", IOSR J. of Electron. and Comm. Eng. Vol. 7. No 5. pp. 72-77. 2013.
2. Kumar A., "Computer Vision-based Fabric Defect Detection: A Survey", IEEE Trans. On Ind. Electron. Vol. 55. No 1. pp. 348-363. 2008.
3. Malik A. A., Andersen M. V., "Advances in machine vision for flexible feeding of assembly parts", Procedia Manufacturing. Vol. 38. No 1. pp. 1228-1235. 2019.
4. Chauhan V., Surgenor B., "A Comparative Study of Machine Vision Based Methods for Fault Detection in an Automated Assembly Machine", Procedia Manufacturing. Vol. 1. No 1. pp. 416-428. 2015.
5. Goyal M., Reeves N. D., Davison A. K., "DFUNet: Convolutional Neural Networks for Diabetic Foot Ulcer Classification", IEEE Trans. On Emerging Topics in Computational Intell. Vol. 4. No 5. pp. 728-739. 2018.
6. Meng X., Wang Y., "Nondestructive inspection of curved clad composites with subsurface defects by combination active thermography and three-dimensional (3D) structural optical imaging", Infrared Physics & Technol. Vol. 97. No 1. pp. 424-431. 2019.
7. T. Astarita y G. M. Carlomagno, "Infrared Thermography for Thermo-Fluid-Dynamics", Springer, Berlin, Alemania, 2013.
8. M. Vollmer y K. P. Möllmann, "Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications", Wiley-Vch, Weinheim, Alemania, 2010.
9. S. Bagavathiappan, B. B. Lahiri, T. Saravanan, J. Philip y T. Jayakumar, "Infrared thermography for condition monitoring- A review", Infrared Physics and Technology. Vol. 60. No 1. pp. 35-55. 2013.
10. R. Usamentiaga, P. Venegas, J. Guerediana, L. Vega, J. Molleda y F. G. Bulnes, "Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing", Sensors. Vol. 14. No 7. pp. 12305-12348. 2014.
11. A. Lozano y F. Hassanipour, "Infrared imaging for breast cancer detection: An objective review of foundational studies and its proper role in breast cancer screening", Infrared Physics and Technology. Vol. 97. No 1. pp. 244-257. 2019.
12. B. B. Lahiri, S. Bagavathiappan, T. Jayakumar y J. Philip, "Medical applications of infrared thermography: A review", Infrared Physics and Technology. Vol. 55. No 4. pp. 221-235. 2012.
13. J. Denavit, R. S. Hartenberg. "A Kinematic Notation for Lower- Pair Mechanism Based on Matrices", Journal of Applied Mechanics. Vol. 22. No 1. pp. 215-221. 1955.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

# DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS QUE TRANSPORTAN VAPOR SATURADO

R. Ovando Castelar<sup>1,2</sup>, O. C. Benítez Centeno<sup>1,2</sup>, M. G. Vargas Vega<sup>1,2</sup>,  
A. I. Leonardo Barrera<sup>1</sup> y A. Galván Salgado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Metal-mecánica del TecNM Sede Instituto Tecnológico de Zacatepec - Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [rosemer.oc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:rosemer.oc@zacatepec.tecnm.mx), [omar.bc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:omar.bc@zacatepec.tecnm.mx), [minerva.vv@zacatepec.tecnm.mx](mailto:minerva.vv@zacatepec.tecnm.mx), [L17090747@zacatepec.tecnm.mx](mailto:L17090747@zacatepec.tecnm.mx), [L17090733@zacatepec.tecnm.mx](mailto:L17090733@zacatepec.tecnm.mx)

<sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación del TecNM Sede Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México

**Área de participación:** *Sistemas electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** En este trabajo, se describe el desarrollo de un procedimiento de cálculo para la estimación de las pérdidas de calor en tuberías aisladas o desnudas que transportan vapor, tomando en cuenta los efectos de la distribución de presión a lo largo de la tubería y de la temperatura tanto en el interior como en el exterior de la tubería. Este cálculo se llevó a cabo asumiendo que la tubería transporta vapor saturado, que se conocen los datos geométricos de la misma, su rugosidad, la presión a la salida y el gasto másico o el caudal, en estado estacionario y flujo totalmente desarrollado. Para la determinación de la caída de presión a lo largo de la línea se utilizó un procedimiento de cálculo hacia adelante, partiendo de la presión de salida, tomando tramos de tubería del mismo diámetro y agrupando los accesorios mediante el método de longitud equivalente de tubería. El cálculo de la distribución radial de temperaturas y la pérdida de calor hacia el aire ambiental se realizó usando tres condiciones de aislamiento: tubería aislada con protección mecánica, tubería aislada sin protección mecánica y tubería desnuda, tomando en consideración los mecanismos básicos de transporte de calor: conducción, convección y radiación. Los resultados obtenidos fueron comparados contra los que se obtienen con el programa 3E Plus® Insulation Thickness, que se usa típicamente para simplificar el cálculo del espesor del aislamiento requerido para propósitos de ahorro de energía, mostrando resultados satisfactorios.

## Introducción.

Actualmente, la energía es un factor clave de suma importancia en la generación de riqueza, que influye decididamente en el desarrollo económico de las naciones. Por un lado, cada país está buscando desarrollar políticas energéticas con el fin de utilizar sus propios recursos de manera eficiente, tomando en cuenta la tendencia actual de disminución de las fuentes de combustibles fósiles y los precios cada vez mayores de estos energéticos. Por otro lado, la contaminación ambiental asociada con los combustibles fósiles sostiene una seria amenaza a los ecosistemas y a la salud humana [1].

En las últimas décadas, el continuo aumento en el costo de la energía y los altos consumos de ésta por algunos sectores de la economía tales como el industrial, la construcción y el transporte, se ha puesto una atención especial en las pérdidas de calor como una forma de limitar el gasto de energía. En el sector industrial se ha buscado incentivar el ahorro de energía a través del uso eficiente de la energía y la reducción de las pérdidas de calor.

Por ejemplo, los sistemas de transporte de vapor de las centrales de generación de energía (termoeléctricas, geotermoeléctricas y nucleoeeléctricas) típicamente incluyen grandes redes de tuberías con un número considerable de accesorios instalados a través de la misma, con un importante nivel de pérdidas de energía debido a la mala condición de su aislamiento térmico.

El modelado de la pérdida de calor en redes y líneas que conducen vapor ha sido poco estudiado a lo largo de los años. Estudios previos incluyen los aportes de Schroeder [2] quién presentó cálculos detallados para predecir la temperatura de la superficie en los aislamientos térmicos de vaporductos y la estimación de la pérdida o ganancia de calor por tramo de tubería, mientras que se hacen variar otros factores de flujo y los trabajos de Peña [3] y Peña y Campbell [4], quienes implantaron un modelo de una ecuación apoyada en la expansión politrópica del vapor, tal y como éste fluye a lo largo de una red de tuberías horizontales de diámetros grandes y con aislamiento térmico, con lo cual se determinan las pérdidas de calor y de presión. El modelo predice la presión, las temperaturas del aislante y del vapor, la entalpía y la humedad de éste a lo largo de una tubería, cuando se conocen su diámetro, el espesor y el tipo de aislamiento. Sin embargo, los casos analizados por estos autores incluyen sólo tramos de tubería relativamente cortas, en relación con la longitud total de las redes de vaporductos representativas de la industria de la actualidad.

Otros trabajos relevantes incluyen el desarrollo de un modelo adiabático de la red de vaporductos de una planta geo termoeléctrica llevado a cabo por la UNAM [6], en el cual la ecuación de conservación de cantidad de movimiento se resuelve, sin predecir perfiles de temperatura y sin considerar la tasa de condensado en purgas, y el aporte de Huang y Freeston [6], quienes analizaron una red constituida por 4 pozos y una turbina, incluyendo el efecto de la rugosidad absoluta de los ductos sobre los resultados de la simulación. Posteriormente, Betaggli y Bidini [7], desarrollaron un programa que simula el transporte de vapor desde el pozo hasta las turbinas, en una red integrada por 32 pozos y 3 turbinas.

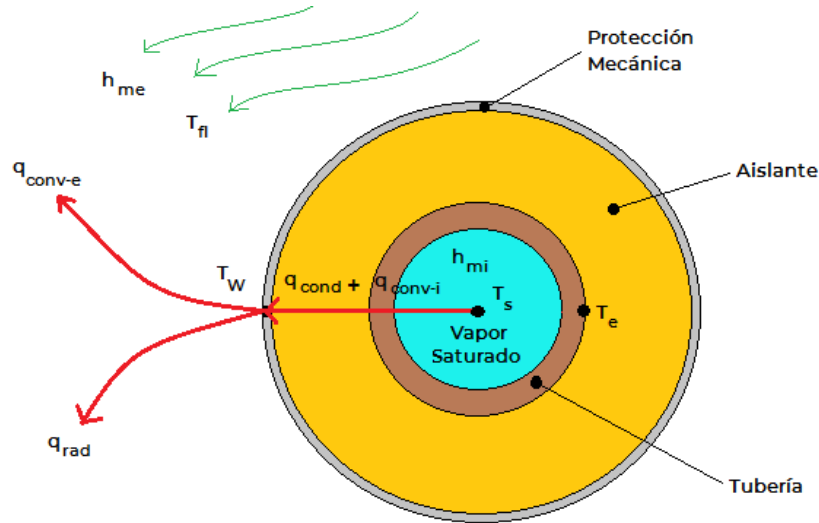
Más adelante, Di María [8] desarrolló el programa PowerPipe, con el cual estudió los problemas en el comportamiento de redes de tuberías debido al difícil cálculo de las curvas características de sus componentes y de su operación, cuando se encuentra fuera del punto de diseño. Este estudio fue desarrollado para un campo geotérmico pequeño constituido por 4 pozos y una turbina, en el cual se contrastaron los resultados de simulación contra datos experimentales, alcanzándose resultados satisfactorios.

En este trabajo se describe el desarrollo de un procedimiento de cálculo basado en el programa Excel de Microsoft, para la estimación de las pérdidas de calor en tuberías aisladas o desnudas que transportan vapor, considerando los efectos de la distribución de presiones a lo largo de la tubería y de su temperatura de superficie tanto interna como externa. En este cálculo se asume que la tubería transporta vapor saturado, que se conocen los datos geométricos de la misma y su rugosidad, así como el espesor y las propiedades térmicas de su aislamiento, la presión a la entrada de la tubería y el flujo másico o el caudal, en condiciones de estado estacionario y flujo totalmente desarrollado.



**Fundamento Teórico.**

La determinación de las pérdidas de calor en una tubería que conduce vapor, constituye un tipo de problema en el que están presentes los mecanismos básicos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación térmica. En la Figura 1 se puede apreciar un diagrama esquemático representativo de una tubería y su aislamiento, donde se muestran los distintos mecanismos de transferencia de calor tomados en cuenta en este estudio.



**Figura 1.** Diagrama esquemático de una tubería aislada con protección mecánica

A partir de un balance de energía realizado en torno a la superficie externa de la tubería aislada, se tiene que el calor transportado desde el interior de la tubería, por unidad de longitud, debido a los mecanismos combinados de conducción y convección, debe ser igual al calor que se transfiere por convección y radiación hacia el medio ambiente, según se muestra en la Ecuación (1):

$$\frac{q_{cond} + q_{conv-i}}{L} = \frac{q_{conv-e}}{L} + \frac{q_{rad}}{L} \quad \dots(1)$$

Para los mecanismos combinados de conducción a través de la tubería y su aislamiento, así como la convección en el interior de la tubería, éstos pueden evaluarse aplicando el concepto de resistencia térmica equivalente. De esta forma, el término en el lado izquierdo de la Ecuación (1) se expresa en la forma siguiente:

$$\frac{q_{cond} + q_{conv-i}}{L} = \frac{T_s - T_w}{\frac{1}{\pi D_i h_{mi}} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi k_t} + \frac{\ln(D_a/D_o)}{2\pi k_a}} \quad \dots(2)$$

El transporte de calor por convección, por unidad de longitud, en el exterior de la tubería aislada, se puede calcular aplicando la ley de enfriamiento de Newton, según se indica en la Ecuación (3).

$$\frac{q_{conv-e}}{L} = h_{me} \pi D_a (T_W - T_{fl-e}) \quad \dots(3)$$

El calor transferido por radiación térmica desde la tubería aislada hacia el medio ambiente, se evalúa aplicando la ley de Stefan-Boltzmann, asumiendo que tanto la tubería como el aire del ambiente se comportan como cuerpos grises. De esta forma, el calor transferido por radiación por unidad de longitud, está dada por la Ecuación (4):

$$\frac{q_{rad}}{L} = \varepsilon \sigma \pi D_a (T_W^4 - T_{fl-e}^4) \quad \dots(4)$$

Cuando se sustituyen las Ecuaciones (2), (3) y (4) en la Ecuación (1), se obtiene una función implícita donde  $T_W$  es la incógnita y debe resolverse aplicando algún método para obtener las raíces de la ecuación:

$$f(T_W) = \frac{T_s - T_W}{\frac{1}{\pi D_i h_{mi}} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi k_t} + \frac{\ln(D_a/D_o)}{2\pi k_a}} - h_{me} \pi D_a (T_W - T_{fl-e}) - \varepsilon \sigma \pi D_a (T_W^4 - T_{fl-e}^4) = 0 \quad \dots(5)$$

Para obtener la solución de la Ecuación (5), se aplica el Método de Newton-Raphson de primer orden [9]. La ecuación recursiva de este método, aplicada a la Ecuación (5) se expresa como:

$$T_{W_{i+1}} = T_{W_i} - \frac{f(T_{W_i})}{f'(T_{W_i})} \quad \dots(6)$$

Para evaluar los coeficientes de película para la convección de calor tanto interna como externa, se realizó una revisión de las correlaciones para convección forzada con flujo interno y externo, así como también para convección natural, que aplican al caso de tuberías cilíndricas. De esta revisión se determinó utilizar la correlación de Gnielinsky [10] para el cálculo del coeficiente de película en el interior de la tubería, la cual tiene un rango de validez más amplio para el número de Reynolds ( $Re$ ), que se extiende desde la región de transición hasta la zona de flujo turbulento. Para flujo totalmente desarrollado, la forma simplificada de esta correlación permite obtener la ecuación para el coeficiente de película interno:

$$h_{mi} = \frac{k_{fl-i}}{D_i} \frac{(f/8)(Re - 1000)Pr}{1 + 12.7\sqrt{f/8}(Pr^{2/3} - 1)} \quad \dots(7)$$

De acuerdo con el trabajo de Abraham et al [13], para lograr un cálculo confiable de la convección de calor para bajos números de  $Re$  en la región de transición, se debe utilizar la Ecuación (8) para el cálculo del factor de fricción:

$$f = 3.03 \times 10^{-12} \cdot Re^3 - 3.67 \times 10^{-8} \cdot Re^2 + 1.46 \times 10^{-4} \cdot Re - 0.151 \quad \text{para } 2300 < Re < 4500 \quad \dots(8)$$

Para el coeficiente de película en el exterior de la tubería, se pueden presentar condiciones ambientales tales que el mecanismo dominante sea convección forzada; o bien, se puede presentar el caso de convección natural. En convección forzada con flujo externo, la revisión de correlaciones para cilindros horizontales y largos con flujo cruzado indica que una de las correlaciones más utilizadas es la propuesta por Churchill y Bernstein [11], debido a su simplicidad y a que cubre un amplio intervalo de valores para los números de Re y de Prandtl ( $Re_D \cdot Pr > 0.2$ ). Por tanto, se usa la ecuación (9) para el cálculo del coeficiente de película externo.

$$h_{me} = \frac{k_{fl-e}}{D_a} \left\{ 0.3 + \frac{0.62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + (0.4/Pr)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282,000}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \right\} \dots(9)$$

Para convección natural con flujo externo, una de las correlaciones más usadas en grandes cilindros horizontales es la propuesta por Churchill y Chu [12], la cual cubre un amplio rango de números de Rayleigh. Con base en esta correlación, la Ecuación (10) se usa para el cálculo del coeficiente de película externo:

$$h_{me} = \frac{k_{fl-e}}{D_a} \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0.559/Pr)^{9/16}\right]^{8/27}} \right\}^2 \quad 10^{-5} < Ra_D < 10^{12} \quad \dots(10)$$

## Resultados y Discusión.

Con el fin de facilitar el cálculo de la pérdida de calor hacia el aire ambiental, de acuerdo con la condición que guarda el aislamiento térmico de la tubería, se desarrolló un programa de aplicación basado en Microsoft Excel, en el que se automatizó el cálculo del coeficiente de película tanto interno como externo, se evalúa la resistencia térmica por conducción-convección interna, se resuelve la Ecuación (6) para obtener la temperatura de superficie ( $T_w$ ) y se determina la pérdida de calor hacia el aire ambiental aplicando la Ecuación (2). Finalmente, se determinan las temperaturas de la interfase tubería-aislante ( $T_e$ ) y la temperatura interna ( $T_i$ ) de la tubería. El procedimiento de solución es iterativo, partiendo de la temperatura de saturación del vapor ( $T_s$ ) en el interior de la tubería y se controla mediante una macro que realiza la sustitución de las nuevas temperaturas a través del conjunto tubería-aislante, la cual se opera mediante un comando tipo botón.

El cálculo de las propiedades termofísicas del aire y del vapor se realiza de forma automática. Para evaluar las propiedades del aire, se realizan interpolaciones lineales basadas en la temperatura de película del aire, sobre una tabla de propiedades del aire a presión atmosférica. Las propiedades termofísicas del vapor de agua se evalúan mediante una biblioteca de funciones embebida en Excel basada en el estándar industrial IAPWS-IF97. La conductividad térmica del tubo y el aislante se calcula mediante un ajuste de tipo exponencial, basado en datos técnicos proporcionados por el fabricante. En la Tabla 1 se aprecia la configuración global que tiene el programa de aplicación

basado en Microsoft Excel, para la estimación del calor perdido en tuberías que transportan vapor.

**Tabla 1.** Configuración del programa de aplicación basado en Excel para la estimación del calor perdido en tuberías que conducen vapor saturado

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
17	Tuberías de Baja Presión			Tubería de acero al carbono ASTM A-53 Gr. B ó A-285 Gr. C							
18	Dnom	10	12	14	16	18	20	22	24		
19	Di [in]	10.250	12.250	13.500	15.500	17.500	19.500	21.500	23.500		
20	De [in]	10.750	12.750	14.000	16.000	18.000	20.000	22.000	24.000		
21	Da [in]	13.750	16.750	18.000	20.000	22.000	24.000	26.000	28.000		
22	P <sub>sat</sub> [barg]	4.150	4.150	4.150	4.150	4.150	4.150	4.150	4.150		
23	T <sub>sat</sub> [°C]	153.05	153.05	153.05	153.05	153.05	153.05	153.05	153.05		
24	T <sub>i</sub> [°C]	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051		
25	T <sub>e</sub> [°C]	153.020	153.025	153.023	153.021	153.017	153.013	153.009	152.998		
26	T <sub>w</sub> [°C]	34.806	32.572	32.854	33.262	33.626	33.954	34.251	35.842		
27	T <sub>r</sub> [°C]	29.193	28.076	28.217	28.421	28.603	28.767	28.916	29.711		
28	k <sub>mt</sub>	49.150	49.150	49.150	49.150	49.151	49.151	49.151	49.151		
29	k <sub>ma</sub>	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.057		
30	<b>Δ interna</b>										
31	ρQ[ton/hr]	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000		
32	ρQ[kg/s]	277.778	277.778	277.778	277.778	277.778	277.778	277.778	277.778		
33	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750		
34	μ [kg/m·s]	1.410E-05	1.410E-05	1.410E-05	1.410E-05	1.410E-05	1.410E-05	1.410E-05	1.410E-05		
35	K[W/m·K]	3.205E-02	3.205E-02	3.205E-02	3.205E-02	3.205E-02	3.205E-02	3.205E-02	3.205E-02		
36	Cp[J/Kg·K]	2423.969	2423.969	2423.969	2423.969	2423.969	2423.969	2423.969	2423.969		
37	Pr	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066		
38	Re <sub>D</sub>	9.64E+07	8.06E+07	7.32E+07	6.37E+07	5.64E+07	5.07E+07	4.59E+07	4.20E+07		
39	e [in]	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-03		
40	f	0.01730	0.01662	0.01627	0.01578	0.01538	0.01503	0.01472	0.01446		
41	Num <sub>D</sub>	216629.46	174208.08	154748.76	130818.87	112916.61	99062.68	88050.77	79105.86		
42	hm <sub>i</sub>	26671.644	17946.855	14466.036	10651.109	8142.840	6411.086	5168.337	4248.122		
43	<b>Δ externa</b>										
44	μ [N·s/m <sup>2</sup> ]	1.857E-05	1.852E-05	1.85E-05	1.853E-05	1.854E-05	1.855E-05	1.856E-05	1.86E-05		
45	K[W/m·K]	2.647E-02	2.639E-02	2.640E-02	2.642E-02	2.643E-02	2.644E-02	2.645E-02	2.651E-02		
46	Pr	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707		
47	Re <sub>D</sub>	5.359E+04	6.568E+04	7.052E+04	7.827E+04	8.602E+04	9.375E+04	1.015E+05	1.088E+05		
48	Re <sub>D,Pr</sub>	3.787E+04	4.642E+04	4.985E+04	5.532E+04	6.079E+04	6.626E+04	7.172E+04	7.689E+04		
49	Num <sub>D</sub>	143.324	163.127	170.787	182.764	194.446	205.874	217.079	227.525		
50	hm <sub>e</sub>	10.8640	10.1188	9.8621	9.5038	9.1968	8.9299	8.6953	8.4816		
51	R <sub>t</sub>	0.7841	0.8731	0.8037	0.7130	0.6408	0.5818	0.5328	0.4336		
52	q/L	150.8025	137.9976	149.5615	168.0005	186.3737	204.6911	222.9598	270.3448		
53	U <sub>m</sub>	1.4241	1.0904	1.0723	1.0491	1.0308	1.0160	1.0038	1.1135		
54	T <sub>i</sub> [°C]	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051	153.051		
55	T <sub>e</sub> [°C]	153.020	153.025	153.023	153.021	153.017	153.013	153.009	152.998		
56	T <sub>w</sub> [°C]	34.806	32.572	32.854	33.262	33.626	33.954	34.251	35.842		

Con el fin de verificar los resultados que arroja el programa de aplicación basado en Microsoft Excel, se hicieron simulaciones para tubos con distintos diámetros nominales, dos condiciones de presión (alta y baja) y dos estados de aislamiento (totalmente aislado con protección mecánica y tubería desnuda). Se evaluó la pérdida de calor, las temperaturas de superficie y en la interfase tubo-aislante, así como el coeficiente global (U<sub>m</sub>) basado en el área interna. Los resultados se contrastaron contra los que reporta el programa 3E-Plus v4.1.

El programa 3E Plus® es una herramienta de administración industrial de energía desarrollada por la Asociación Norteamericana de fabricantes de aislamientos (NAIMA) para reducir el cálculo del espesor del aislante requerido con fines de ahorro de energía, el cual contiene un modelo de transferencia de calor más simplificado, que no incluye la convección en el interior de la tubería. Para tasas de flujo lentas, la convección interna es relevante en el cálculo de la pérdida de calor. Por este motivo, para compensar esta diferencia en la formulación de ambos programas, se asumió un flujo de vapor grande

(1000 T/hr) en los cálculos realizados con el programa basado en Excel. Las Tablas 2 y 3 muestran los resultados obtenidos con ambos programas, para diámetros nominales típicos de tuberías. El máximo error relativo encontrado no supera el 4%.

**Tabla 2.** Resultados obtenidos para la validación del programa de aplicación en Excel con el programa 3E Plus, para tuberías de Alta Presión

Tuberías de Alta Presión												
Aislada y con protección mecánica	Prog Excel			3E Plus v4.1			Tubería sin aislamiento					
Diámetro Nominal (in)	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22
Pérdidas de Calor (W/m)	196.0	212.5	238.7	264.8	290.8	316.8	3913.0	4229.0	4733.0	5233.0	5731.0	6224.5
Pérdidas de Calor (W/m)	200.0	216.7	243.4	270.1	296.6	323.0	3823.5	4124.9	4600.7	5069.6	5532.4	5978.8
Error Relativo (%)	2.03	1.99	1.99	1.99	1.99	-1.98	2.29	2.46	2.79	3.12	3.47	3.95
Temperatura de Superficie $T_w$ (°C)	36.2	36.6	37.2	37.7	38.1	38.5	193.1	193.1	193.2	193.2	193.2	193.2
Temperatura de Superficie $T_w$ (°C)	36.6	37.0	37.6	38.1	38.6	39.0	193.0	192.9	192.9	192.8	192.7	192.4
Error Relativo (%)	1.09	1.10	1.06	1.11	1.29	1.35	-0.07	-0.08	-0.16	-0.20	0.24	0.40
Temperatura Interfase tubo-aislante (°C)	193.9	193.9	193.9	193.9	193.9	193.9	No aplica					
Temperatura Interfase tubo-aislante (°C)	193.9	193.9	193.9	193.9	193.9	193.8						
Error Relativo (%)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03						
Coefficiente Global $U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]	1.2017	1.1800	1.1516	1.1294	1.1114	1.1097	23.9913	23.4826	22.8345	22.3196	21.9041	21.8077
Coefficiente Global $U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]	1.2261	1.2034	1.1745	1.1518	1.1336	1.1317	23.4422	22.9044	22.1960	21.6223	21.1447	20.9464
Error Relativo (%)	2.03	1.99	1.98	1.98	1.99	-1.98	2.29	2.46	2.80	3.12	3.47	3.95
$T_{fi}$ [°C]:	23.58			$p_m$ [barg]: 12.65			$m_{vapor}$ [T/hr]: 1000.00			$V_{aire}$ [m/s]: 2.47		

**Tabla 3.** Resultados obtenidos para la validación del programa de aplicación en Excel con el programa 3E Plus, para tuberías de Baja Presión

Tuberías de Baja Presión												
Aislada y con protección mecánica	Prog Excel			3E Plus v4.1								
Diámetro Nominal (in)	10	12	14	16	18	20	10	12	14	16	18	20
Pérdidas de Calor (W/m)	147.4	134.2	145.4	163.3	181.2	199	2379.0	2729.0	2945.0	3287.0	3626.0	3963.0
Pérdidas de Calor (W/m)	150.8	138.0	149.6	168.0	186.4	204.7	2338.7	2674.7	2881.0	3206.3	3526.4	3842.1
Error Relativo (%)	2.31	2.83	2.86	2.88	2.86	2.86	1.69	1.99	2.17	2.45	2.75	3.05
Temperatura de Superficie $T_w$ (°C)	34.5	32.2	32.5	32.9	33.3	33.6	152.5	152.5	152.5	152.5	152.6	152.6
Temperatura de Superficie $T_w$ (°C)	34.8	32.6	32.9	33.3	33.6	34.0	152.6	152.6	152.5	152.5	152.4	152.4
Error Relativo (%)	0.89	1.15	1.09	1.10	0.98	1.05	0.05	0.03	0.02	-0.01	-0.12	-0.16
Temperatura Interfase tubo-aislante (°C)	153.0	153.0	153.0	153.0	153.0	153.0	No aplica					
Temperatura Interfase tubo-aislante (°C)	153.0	153.0	153.0	153.0	153.0	153.0						
Error Relativo (%)	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01						
Coefficiente Global $U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]	1.3919	1.0604	1.0425	1.0198	1.0022	0.9878	22.4656	21.5633	21.1154	20.5265	20.0557	19.6715
Coefficiente Global $U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]	1.4241	1.0904	1.0723	1.0491	1.0308	1.0160	22.0853	21.1340	20.6566	20.0226	19.5049	19.0712
Error Relativo (%)	2.31	2.83	2.86	2.88	2.85	2.86	1.69	1.99	2.17	2.46	2.75	3.05
$T_{fi}$ [°C]:	23.58			$p_m$ [barg]: 4.15			$m_{vapor}$ [T/hr]: 1000.00			$V_{aire}$ [m/s]: 2.47		

## Conclusiones.

Se describió un procedimiento de cálculo para la estimación de las pérdidas de calor en tuberías aisladas o desnudas, que transportan vapor saturado. La implementación de este procedimiento de cálculo se realizó con apoyo del programa Excel, usando tres condiciones de aislamiento (tubería aislada con protección mecánica, tubería aislada sin protección mecánica y tubería desnuda). Se realizó una comparación de resultados contra el Programa 3E Plus®, mediante la realización de simulaciones para distintos diámetros de tubería, dos condiciones de presión (alta y baja) y dos estados de aislamiento (tubería totalmente aislada y desnuda). Los resultados que se obtuvieron indican que el error relativo en las estimaciones de la pérdida de calor, el coeficiente global, la temperatura de pared y de la interfase tubo-aislante no superan el 4%, lo cual se considera satisfactorio para los objetivos perseguidos en este estudio.

La herramienta desarrollada posee ventajas importantes comparadas con otros programas de libre acceso, como 3E Plus®, debido a la programación de funciones para realizar varios cálculos de forma automática, lo que le permite realizar una estimación más detallada de la pérdida de calor en tuberías de vapor.

## Referencias

1. Keçebas, M.A. Alkan, M. Bayhan (2011), Thermo-economic analysis of pipe insulation for district heating piping systems, *App. Thermal Eng.*, 31, 3929–37.
2. F. S. Schroeder (1982), Calculating heat loss or gain by an insulated pipe, *Chemical Engineering*, 25, 111–114.
3. J. M. Peña (1986), Energy losses in horizontal steam lines. *GRC Transactions*, 10, 347–252.
4. J. M. Peña y H. Campbell (1988), Evaluación de las pérdidas de calor en líneas de vapor geotérmico, *Memorias, 3er Congreso latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia*, Guanajuato, Gto., 53–64.
5. C. Cruickshank, E. Ordoñez y G. Castillo (1990), Modelo matemático de la red de vaporductos de la planta geotermoeléctrica de Cerro Prieto, UNAM, Informe del proyecto 9361.
6. Y. Huang, D. H. Freeston (1992), Non-linear modeling of a geothermal steam pipe network. 14th New Zealand Geothermal Workshop, 105–110.
7. N. Bettagli and G. Bidini (1996). Landerello-Farinello-Valle Secolo geothermal area: Exergy analysis of the transportation network and of the electric power plants. *Geothermics*, Vol. 25, No. 1, 3-16.
8. F. Di Maria (2000), Design and off design pipe network geothermal power plant analysis with power pipe simulator. *J. Energy Conversion and Management*, 41, 1223–1235.
9. Chapra y Canale (1988), *Métodos numéricos para ingenieros con aplicaciones en computadoras digitales*. McGraw Hill/Inter. de México, México.
10. V. Gnielinski (1976), New equations for heat and mass transfer in the turbulent pipe and channel flow. *Int. Chem. Eng.*, 16, 359–368.
11. Churchill y Bernstein (1977), A correlating eq for forced convection from gases and liquids to a circular cylinder in cross flow. *Heat Transfer*, 99, 300–306.
12. S.W. Churchill and H.H.S. Chu (1975), Correlating eq for laminar and turbulent free convection from a horizontal cylinder. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 18, 1049.
13. P. Abraham, E. M. Sparrow, W. J. Minkowycz (2011), Internal-flow Nusselt numbers for the low-Reynolds number end of the laminar-to-turbulent transition regime, *Int. J. Heat Mass Tran.*, 54, 584–588.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN TECHO VENTILADO PARA UNA CIUDAD CON CLIMA CÁLIDO SECO

T. Lima-Téllez<sup>1</sup>, J.F. Hinojosa<sup>1</sup>, J. Xamán<sup>2</sup>, I. Hernández-López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora- Blvd. Encinas y Rosales S/N, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México- [a220230038@unison.mx](mailto:a220230038@unison.mx), [fernando.hinojosa@unison.mx](mailto:fernando.hinojosa@unison.mx), [irving.hernandez@unison.mx](mailto:irving.hernandez@unison.mx)

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Av. Palmira S/N, Col. Palmira, Cuernavaca, Morelos, México- [jesus.xv@cenidet.tecnm.mx](mailto:jesus.xv@cenidet.tecnm.mx)

**Área de participación:** Sistemas Electromecánicos

**Resumen:** Se presenta un estudio comparativo de la evaluación térmica transitoria de un techo ventilado (TV) y un techo convencional (TC) para condiciones típicas de un clima cálido-seco de México. El modelo matemático del sistema fue resuelto mediante un código numérico bidimensional basado en el método de balances globales. El código fue verificado con un artículo reportado en la literatura y éste mostró resultados satisfactorios. Los resultados mostraron que la implementación del TV reduce significativamente la carga térmica hasta en un 50% con respecto a un TC. En general, se concluye que el TV es una tecnología pasiva con alto potencial para reducir la ganancia de energía al interior de una edificación y por lo tanto reducir el consumo de energía eléctrica.

### Introducción.

Actualmente, el sector de las edificaciones es responsable de una tercera parte del consumo global de energía y de una quinta parte de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero [1]. Adicionalmente, la demanda de energía en el mundo se ha incrementado de manera más rápida en esta última década; tan solo en años recientes, la demanda de energía incrementó un 2.3 % [2]. Una quinta parte del aumento de la demanda mundial de energía es originada por la mayor demanda de calefacción y refrigeración en las edificaciones. Por lo anterior, se busca incrementar el uso eficiente de la energía en las edificaciones.

Una alternativa para reducir el consumo de energía eléctrica por refrigeración o calefacción de las edificaciones es a través de la arquitectura bioclimática, la cual modifica la envolvente de la edificación con la finalidad de reducir ganancias o pérdidas de energía dentro de ella. Dentro de los elementos bioclimáticos pasivos utilizados para reducir las ganancias al interior se encuentran los techos ventilados. Estos sistemas consisten en agregar una cubierta en la parte superior de un techo convencional. Así, por un lado, se forma un canal ventilado entre éstos y por otro lado, se bloquea la radiación solar incidente. Esto evita que el techo incremente su temperatura y provoca un efecto de ventilación natural sobre el mismo. Como consecuencia de esto se reduce la ganancia al interior de la edificación.

En los últimos años investigadores se han dedicado a estudiar el comportamiento térmico de este sistema: en el 2006, Dimoudi et al. [3] realizaron un estudio experimental de un techo ventilado. Estos autores reconocieron que este sistema contribuye significativamente en la reducción del impacto de la radiación solar en una edificación. Mas tarde, Biwole et al. en 2008 [4] encontraron que el ancho óptimo para el canal de

ventilación está en un rango entre 6 cm y 10 cm. Mas tarde, Gagliano et al. [5] encontraron que la ventilación de los techos puede reducir significativamente los flujos de calor hasta un 50%. Posteriormente Tzuc et. al. [6] a través de un modelo predictivo de algoritmos genéticos realizaron un análisis de sensibilidad en donde encontraron que el ancho de canal y la temperatura ambiente son los parámetros con mayor influencia en el flujo de calor al interior de un techo ventilado. Dentro de la literatura los autores concuerdan que los flujos de calor al interior se reducen gracias al sombreado proporcionado por la cubierta y debido a la circulación de aire dentro del canal del techo ventilado [7]. Sin embargo, hasta la fecha no se ha encontrado un estudio que evalúe el desempeño térmico de un sistema de techo ventilado en estado transitorio bajo condiciones de climas típicos de México. En este sentido, el propósito de este trabajo es el de estimar el desempeño térmico de un *TV* bajo condiciones climáticas de una ciudad mexicana con clima cálido y de esta manera, predecir la reducción de la carga térmica al incorporar el sistema de *TV* en una edificación.

### Modelo Físico y Modelo Matemático.

En la Figura 1 se muestra el modelo físico de un techo convencional (*TC*) y de un techo ventilado (*TV*). En la Figura 1 (a) se observa el modelo para el *TC* donde en la parte exterior e interior del techo se consideran pérdidas por radiación y convección debido a la interacción con el ambiente exterior, así como el interior de la edificación. Adicionalmente, se considera transferencia de calor por conducción a través de la losa de concreto. En la Figura 1 (b) se presenta el modelo físico para el *TV*. El sistema está compuesto por una losa de concreto de 12 cm de espesor en la parte inferior, una cubierta de lámina galvanizada en la parte superior. Entre la losa y la cubierta se forma canal de 10 cm por donde circula un fluido. El modelo considera transferencia de calor por conducción en la losa de concreto y transferencia de calor por convección y radiación en el canal ventilado. Además, se consideran pérdidas por radiación y convección en la superficie interior y exterior del *TV* debido a la interacción con el ambiente.

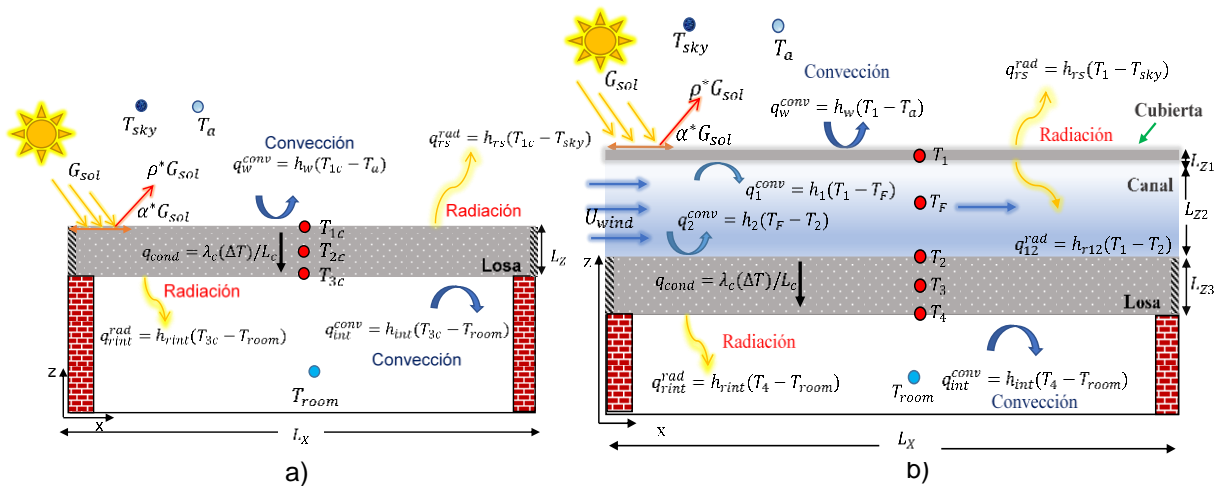


Figura 1. Modelos físicos, a) Techo convencional (TC) y b) Techo ventilado (TV)

El modelo matemático se basa en el Método de Balances Globales Termodinámicos (BG) y está representado por las Ecs. (1)-(5). Para simplificar el análisis se utilizó la analogía de circuitos térmicos resistivos. El modelo del TC y TV se representa como se observa en la Figura 2 (a) y 2 (b), respectivamente.

$$T_1 : \rho_l C p_l (A \delta z_1) \frac{dT_1}{dt} = S_1 + h_1(T_F - T_1) + h_{r12}(T_F - T_1) + U_t(T_a - T_1) \quad (1)$$

$$T_f : \rho_f C p_f (A \delta z_f) \frac{dT_f}{dt} = h_1(T_1 - T_f) + h_2(T_2 - T_f) + h_f(T_{F,in} - T_f) \quad (2)$$

$$T_2 : \rho_c C p_c (A \delta z_2) \frac{dT_2}{dt} = h_2(T_f - T_2) + h_{r12}(T_1 - T_2) + \frac{\lambda_{c1}}{L_{c1}}(T_3 - T_2) \quad (3)$$

$$T_3 : \rho_c C p_c (A \delta z_3) \frac{dT_3}{dt} = \frac{\lambda_{c1}}{L_{c1}}(T_2 - T_3) + \frac{\lambda_{c2}}{L_{c2}}(T_4 - T_3) \quad (4)$$

$$T_4 : \rho_c C p_c (A \delta z_4) \frac{dT_4}{dt} = \frac{\lambda_{c2}}{L_{c2}}(T_3 - T_4) + h_{int}(T_{room} - T_4) + h_{rint}(T_{room} - T_4) \quad (5)$$

Los coeficientes de transferencia por convección y por radiación se determinan con las correlaciones que propone Ong [8]. Adicionalmente, se considera que las propiedades termofísicas del aire ( $\mu$ ,  $\lambda$ ,  $C_p$ ,  $\rho$ ) varían linealmente con la temperatura con lo cual, es posible emplear las correlaciones propuestas por Ong [8].

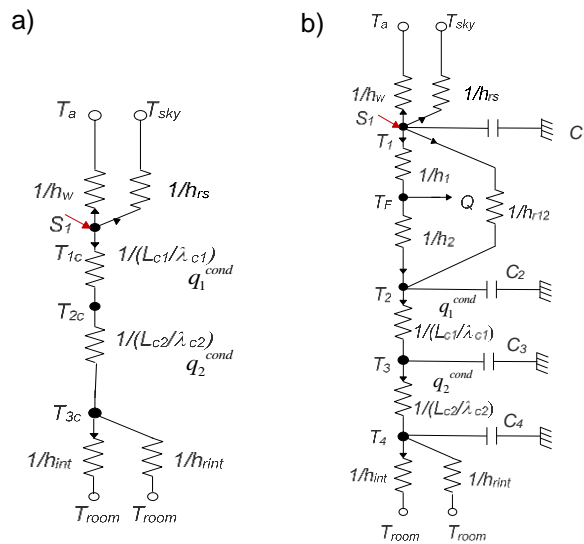


Figura 2. Diagramas resistivos en estado transitorio. a) TC y b) TV

### Metodología de Solución.

En primer lugar, se discretizó el término transitorio de cada una de las Ecs. (1)-(5) mediante una diferencia finita bajo un esquema completamente implícito. Posteriormente, el sistema de ecuaciones resultante se resolvió con el método iterativo de Jacobi utilizando un factor de relajación de 0.9. Para la solución numérica del modelo matemático se desarrolló una metodología secuencial en Fortran. Este proceso se describe en la Figura 3.

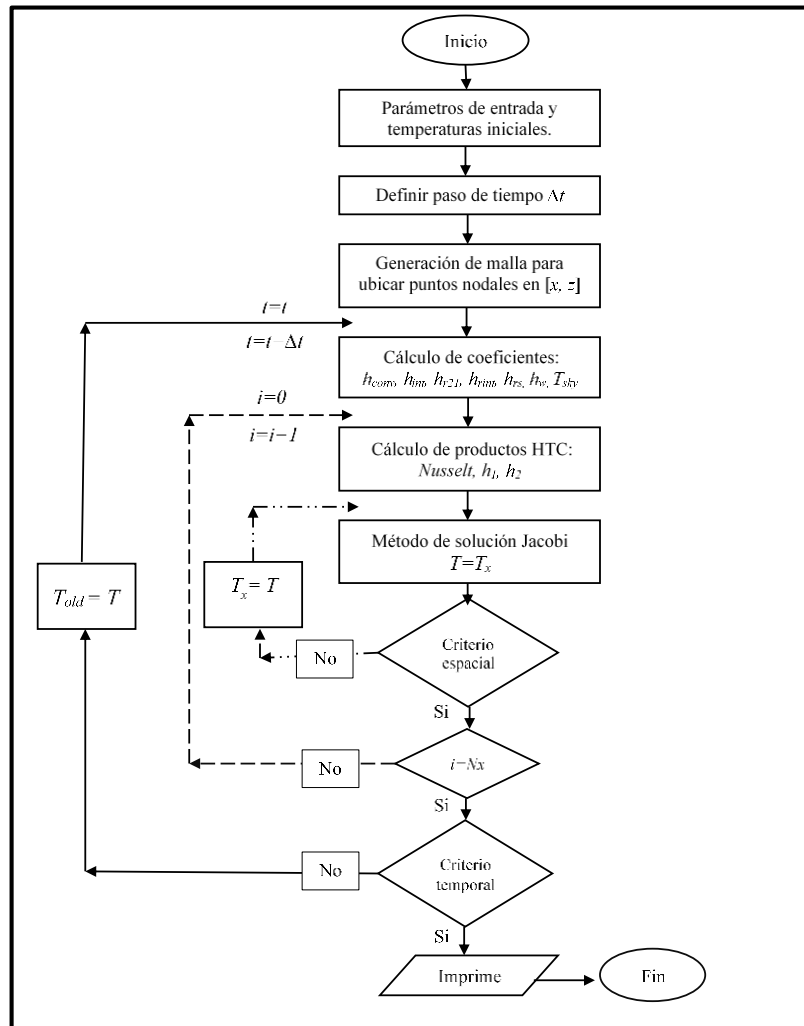
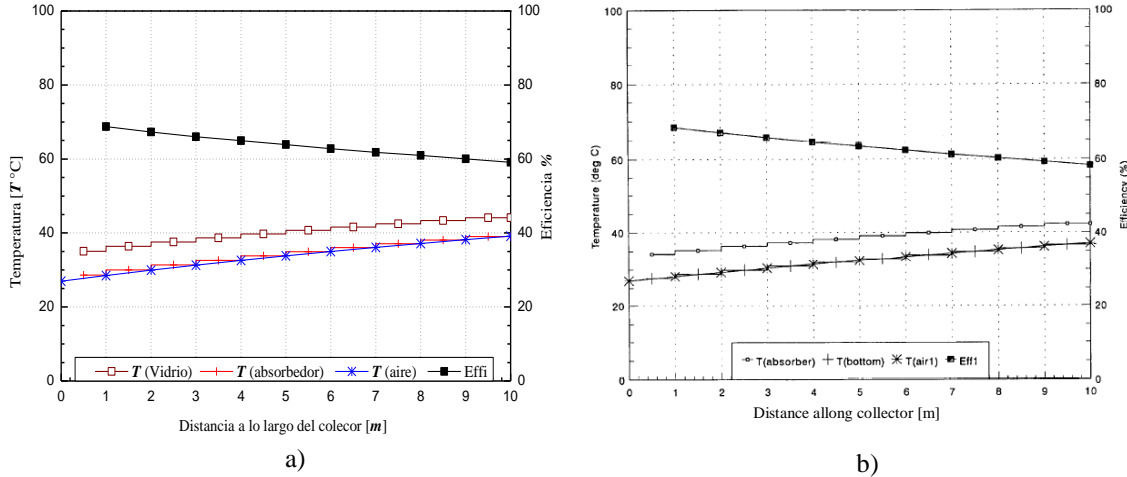


Figura 3. Diagrama de flujo del código desarrollado en transitorio.

Una vez que se desarrolló el código numérico, se procedió a realizar la verificación de éste. Para ello se reprodujeron los resultados del trabajo reportado por Ong [8], el modelo tiene como fundamento los balances de energía para colectores solares propuestos por Duffie y Beckman [9]. El modelo consiste en un canal de aire formado por dos placas paralelas donde se considera que el aire en el canal circula a 1 m/s, con un flujo másico de 0.400 kg/s y que una radiación solar de de 700 W/m<sup>2</sup> incide en la superficie exterior.

En la Figura 4 (a) se observa el comportamiento térmico del canal para un  $Re=40,000$ . Se observa que las temperaturas a lo largo del canal, así como la eficiencia tienen un comportamiento similar al presentado por Ong en la Figura 4 (b). De acuerdo con estos resultados, se observó que, la metodología implementada en la solución de la transferencia de calor en un canal produce resultados satisfactorios.



**Figura 4.** Variación de las temperaturas teóricas a lo largo del colector  $Re=40000$ .  
 a) Presente estudio y b) Ong [8]

Finalmente, se realizó un estudio con el propósito de determinar la independencia del paso de tiempo y del número de volúmenes de control a lo largo del canal. De este estudio se obtuvo que a partir de  $N_x=25$  y un paso de tiempo de 60 s se producen resultados independientes de esos parámetros.

### Resultados y Discusión.

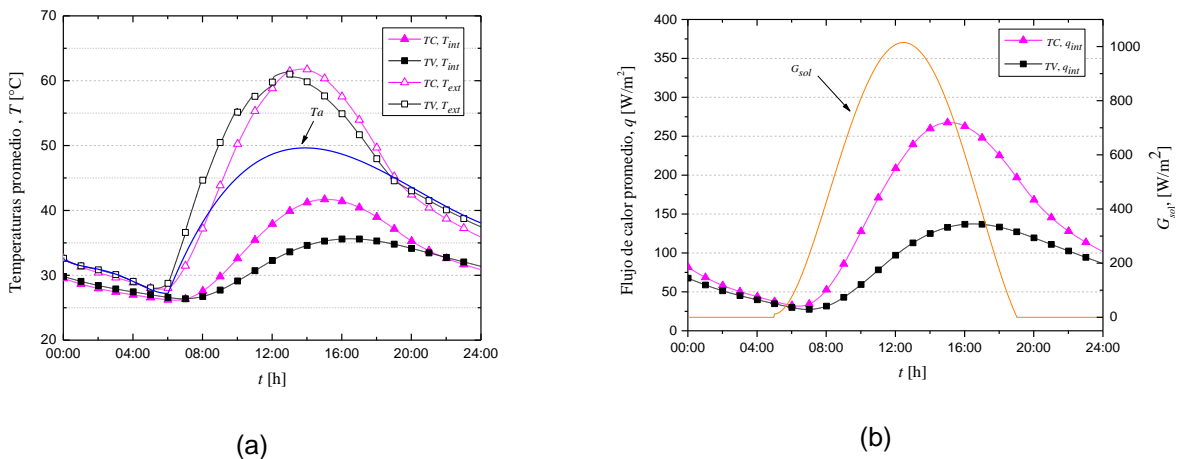
Se presentan los resultados de la evaluación térmica del *TV*, así como su comparación con el *TC* para el día más cálido del año 2014. Como ciudad representativa de clima cálido se eligió a la ciudad de Hermosillo, Sonora.

En la Figura 5 (a) se presenta el comportamiento de la temperatura promedio al exterior y al interior de *TV* y del *TC* para el día más cálido del año (03 de junio del 2014). Se observa que ambas configuraciones presentan un comportamiento similar para las primeras 7 horas de modelación, presentando una temperatura promedio interior ( $T_{int} = T_{3c}$  y  $T_{int} = T_4$  para *TC* y *TV*, respectivamente) descendente de  $29^\circ\text{C}$  a  $26^\circ\text{C}$ . A partir de las 8:00 horas, la temperatura interior del *TC* comienza a ascender debido al incremento de la incidencia solar. La temperatura interior alcanza un valor máximo de  $41.70^\circ\text{C}$  a las 15:00 horas. Por otro lado, la temperatura interior para el *TV* comienza a ascender a partir de las 8:00 horas hasta alcanzar una temperatura máxima de  $35.6^\circ\text{C}$  a las 16:00 horas. Se aprecia que existe un retraso de una hora y se obtiene una diferencia de  $6.1^\circ\text{C}$  en comparación al *TC*. Posteriormente, la temperatura interior

promedio del TV comienza a descender debido a la disminución de la radiación solar incidente y de la temperatura ambiente hasta llegar a los 31.6 °C al final del día.

De acuerdo con los resultados, el TC al no tener un escudo que lo proteja de la radiación solar directa, éste incrementa la temperatura de la superficie interior hasta alcanzar un valor superior a 40 °C. Por otro lado, el TV se mantiene durante todo el día en un intervalo de 26 °C y 36 °C, es decir, por debajo de 40 °C.

En la Figura 5 (b) se presenta el comportamiento del flujo de calor al interior del techo ( $q_{int} = q_{int}^{conv} + q_{r,int}^{rad}$ ) para ambas configuraciones. el flujo de calor al interior del TV presenta un comportamiento descendente en las primeras 8 horas del día de 67.57 W/m<sup>2</sup> a 27.45 W/m<sup>2</sup>. De igual forma que para el TC, sólo se presentan flujos de calor positivos que se traduce en una ganancia de energía en la edificación. Conforme aumenta la radiación solar incidente en el TV aumenta la temperatura al interior de este y lo cual provoca que el flujo de calor promedio al interior incremente hasta alcanzar un flujo de calor máximo de 137.05 W/m<sup>2</sup> para las 16:00 horas el cual representa el 51.21 % de la energía que entra a la edificación con un TC.



**Figura 5.** Evolución temporal de: (a) Temperaturas interior y exterior. (b) Flujo de calor al interior.

En la Figura 6 se muestra la temperatura interior promedio anual del TC y TV para los días más cálidos de cada mes del año. Se observa que el TC mantiene un intervalo de temperaturas interiores promedio anuales de 24.83 °C a 33.24 °C, mientras que para el TV se presenta un intervalo inferior de temperaturas promedio anuales de 23.27 °C a 31.13 °C presentándose éstas en enero y junio, respectivamente. De acuerdo con estos resultados el TV logra cumplir con el objetivo de disminuir la temperatura al interior y con ello la carga térmica de la edificación para todos los meses del año. La disminución de la temperatura al interior se debe gracias a la cubierta de lámina galvanizada del TV y al canal formado por esta cubierta y la losa.



En la Tabla 1 se presentan los valores de la carga térmica expresados en kWh/m<sup>2</sup> para el día más cálido de cada mes para las configuraciones de TC y TV. Se observa que la mayor carga térmica se alcanza en el mes de junio para ambas configuraciones, encontrando que el mayor consumo de energía lo presenta el TC con 3.32 kWh/m<sup>2</sup> mientras que el TV consume 2.00 kWh/m<sup>2</sup>, observándose que existe una disminución de 40 %. La mayor disminución de cargas térmicas al implementar el TV se presenta para el mes de marzo, con una reducción del 60 %.

Finalmente, se observa que para todos los meses existe una reducción considerable de las cargas térmicas con la implementación del TV, siendo mayor al 40 %. La razón es debido a la reducción de las temperaturas en la superficie interior, encontrando que la reducción anual de las cargas térmicas totales es de 48.26%.

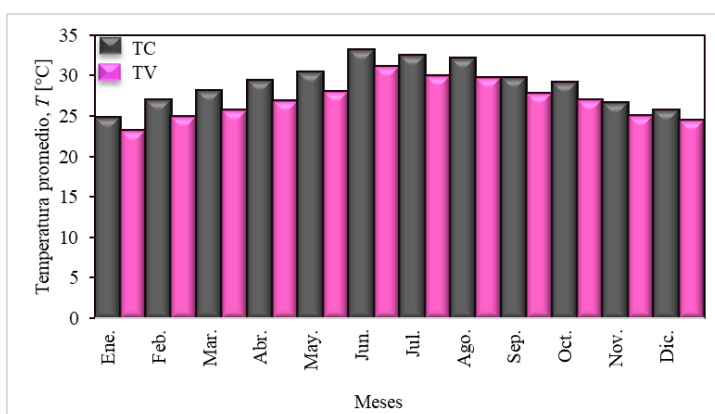


Figura 6. Comportamiento de la temperatura interior promedio para los días más cálidos de cada mes.

Tabla 1. Carga térmica para los días más cálidos de Hermosillo Sonora.

Mes	TC	TV	Reducción %
Enero	1.40	0.83	40.60
Febrero	1.63	0.81	50.36
Marzo	1.74	0.69	60.15
Abril	2.18	1.02	53.00
Mayo	2.35	1.14	51.33
Junio	3.32	2.00	40.00
Julio	3.06	1.68	45.03
Agosto	2.93	1.62	44.84
Septiembre	2.05	1.07	47.79
Octubre	1.91	0.87	54.28
Noviembre	1.34	0.65	51.65
Diciembre	1.08	0.53	50.77
<b>Total</b>	<b>24.98</b>	<b>12.92</b>	<b>48.26</b>

## Conclusiones.

El beneficio que ofrece el TV al reducir los flujos de calor al interior de la edificación se debe a su configuración. La cubierta que funciona como un escudo que protege a la losa de concreto de la radiación solar directa, provocando un efecto de sombreado y disminuyendo la acumulación de calor en la losa. Una parte del calor que logra acumularse entre la cubierta y la losa de concreto es removido por el flujo de aire en el canal, mismo que es inducido por la velocidad del viento. Por lo tanto, se reduce la ganancia de calor al interior de la edificación.

La implementación de un TV en una ciudad de clima cálido muy seco permite reducir hasta en 6 °C a la temperatura de la superficie interior del techo de la edificación con respecto al caso correspondiente en un TC. Esto se traduce en una reducción del 48.78 % en el flujo de calor al interior y con ello, una reducción en la carga térmica.

A manera de conclusión general, puede afirmarse que la incorporación del TV en una edificación es una buena alternativa para reducir la transmisión de calor al interior de ésta bajo condiciones climáticas de una ciudad cálida de México. Esta tecnología permite obtener un beneficio no solo el ahorro energético en la edificación, sino también una contribución al cuidado del medio ambiente. En otras palabras, el implementar el TV permite realizar un consumo de energía en edificaciones de una manera tal que se mantiene dentro de la filosofía del desarrollo sustentable.

## Referencias.

1. Intergovernmental Panel on Change Climate. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.
2. International Energy Agency, Global Energy and CO2 Status Report, 2018.
3. A. Dimoudi; A. Androustopoulos *Energy and Buildings*. 2006, 38, 610.
4. P. Biowole; F. Patania; F. Nocera; A. Ferlito *Energy and Buildings*. 2012, 49, 611.
5. M. Tzuc; I. Hernández; M. Macias; A. Bassam; J. Xamán; B. Cruz *Measurement*. 2019, 138, 106.
6. M. Beltrán, Tesis de maestría, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2019.
7. K. Ong *Solar Energy*. 1995, 55, 93.
8. A.J. Duffie, A.W. Beckman *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, New York, 2006.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## ESTUDIO DINÁMICO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO PASIVO DE MURO TROMBE CONSIDERANDO DISTINTOS MATERIALES DE ALMACENAMIENTO

E. Vazquez-Beltrán<sup>1</sup>, I. Hernández-López<sup>1</sup>, A. Piña-Ortíz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora- Blvd. Encinas y Rosales S/N, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México- [a220230036@unison.mx](mailto:a220230036@unison.mx), [irving.hernandez@unison.mx](mailto:irving.hernandez@unison.mx), [armando.pina@unison.mx](mailto:armando.pina@unison.mx)

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos*

**Resumen:** Se presenta un estudio paramétrico del material de un sistema solar de muro Trombe (TW) para fines de calentamiento pasivo en una ciudad mexicana con clima templado. Para predecir el desempeño térmico del sistema, se obtuvo un modelo matemático a partir del método de balances termodinámicos globales. Este modelo se resolvió mediante el desarrollo de un código computacional el cual se alimentó con datos climáticos del día más frío de todo el año. Se consideraron los materiales de construcción más comunes en México: Adobe, Ladrillo y Concreto. Con base en los resultados, se observó que un TW de concreto proporciona más energía que uno de adobe y de ladrillo hasta en un 30% y 23%, respectivamente. En este sentido, el concreto presenta mejor desempeño térmico para el calentamiento pasivo en un TW.

### Introducción.

El crecimiento exponencial de la población mundial ha detonado la demanda de consumo del sector energético y de acuerdo con cifras de IEA [1], el consumo mundial de energía aumento a casi el doble la tasa promedio de crecimiento desde 2010, impulsado por una economía global robusta y mayores necesidades de calefacción y refrigeración en las edificaciones. Como resultado, las emisiones de CO<sub>2</sub> incrementaron un 1.7 % a nivel mundial. Es por esto que, resulta imperativo buscar alternativas que permitan alcanzar la eficiencia energética en edificaciones. Una de las alternativas es el uso de elementos pasivos en la envolvente de la edificación, tales que permitan aprovechar o rechazar la energía solar para ayudar a conseguir condiciones de confort y así hacer uso eficiente de la energía en las edificaciones. Dentro de estos elementos pasivos se encuentra el sistema de muro Trombe (TW) el cual es un sistema de ganancia indirecta, utilizado para el calentamiento y bajo ciertas condiciones, para ventilación de viviendas. El TW utiliza la radiación solar para calentar el aire en un canal que se conecta a una habitación. Otra componente del sistema es un muro almacenador. En éste, la energía que no es cedida al aire para calentamiento diurno es acumulada para posteriormente ser liberada una vez que el Sol se oculta. Con ello es posible proporcionar calentamiento pasivo en la noche. En años recientes, investigadores se han enfocado en estudiar este sistema con la finalidad de optimizarlo para incrementar su desempeño. Hami et al. [2] aseveraron que, el tipo de material con que esté construido el muro es un factor determinante en su desempeño térmico. Además, el uso correcto de ventilas, presenta una eficiencia del hasta del 48%. Con relación a la aplicación del TW en distintos climas, Kruger et al. [3] determinaron de manera experimental que el uso del TW en climas tropicales presenta una reducción de 30% en el consumo de energía anual. Por otro lado, Liu et al. [4] determinaron la capacidad de almacenamiento y liberación de calor del TW para la

provincia de QingHai, China, alcanzando su valor máximo de 10.6 MJ/m<sup>2</sup> a las 4 p.m. y su valor mínimo de 0.2 MJ/m<sup>2</sup> a las 7-8 AM del día siguiente. Posteriormente, Hernández-López et al. [5] realizaron un estudio numérico en régimen de flujo turbulento para las condiciones climáticas de dos ciudades de México con clima templado (Huitzilac y Toluca) con el propósito de predecir la cantidad de energía almacenada por el muro durante el día. Los resultados mostraron que el muro almacenó hasta 109 MJ y 70 MJ de energía térmica, con pérdidas de 56 a 62% y 57.3 a 64.6% respectivamente. Finalmente, Adbeen et al. [6] mejoraron el confort térmico, bajo las condiciones climáticas típicas de una semana de invierno de Alexandria, Egipto. Determinaron que las dimensiones óptimas para el TW en esa ciudad son: 1.7 m de altura y un espesor de muro de 0.3 m y una profundidad de canal de 0.22 m. Concluyendo que, este diseño podría alcanzar el rango de confort estándar de 20 a 25 °C basado en el modelo de confort adaptativo (ANSI/ASHRAE Standard 55-2010) lo cual logra condiciones satisfactorias de confort térmico durante toda la temporada de invierno. Entre estos estudios, existe un estudio para condiciones de clima frío en México. Sin embargo, este estudio se limitó a predecir la cantidad de energía almacenada sólo durante el periodo diurno. Esta consideración sólo permitió predecir la cantidad total de energía acumulada en la pared almacenadora al final del día, pero no del proceso de liberación de la misma durante la noche. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es realizar el estudio dinámico del desempeño térmico de un TW considerando los materiales típicos de construcción en México. Para ello, se consideró Tulancingo, Hidalgo como una ciudad típica de clima templado de México.

### **Modelo Físico y Modelo Matemático.**

En la figura 1 a), se presenta el modelo físico del sistema TW convencional el cual está constituido por una pared semitransparente (colector), un muro masivo (absorbedor y almacenador), un canal formado por la pared semitransparente y el muro masivo con aperturas en la parte inferior y superior que permite establecer un lazo convectivo entre el canal y la habitación. En el vidrio se consideran pérdidas convectivas y radiativas hacia el medio ambiente. Posteriormente, en la sección del canal se considera la transferencia de calor por convección por parte del fluido e intercambio radiativo superficial entre la superficie absorbidora y la superficie del vidrio. Finalmente, el muro masivo considera la transferencia de calor por conducción, así como el intercambio convectivo y radiativo hacia la habitación. Para la construcción del modelo matemático del sistema TW en estado transitorio, se implementó el método de balances globales (BG). A partir de la Figura 1a), se obtuvo un diagrama térmico resistivo del modelo TW el cual es mostrado en la Figura 1b). Esto permite simplificar el análisis de los mecanismos de transferencia que se consideran el sistema TW.

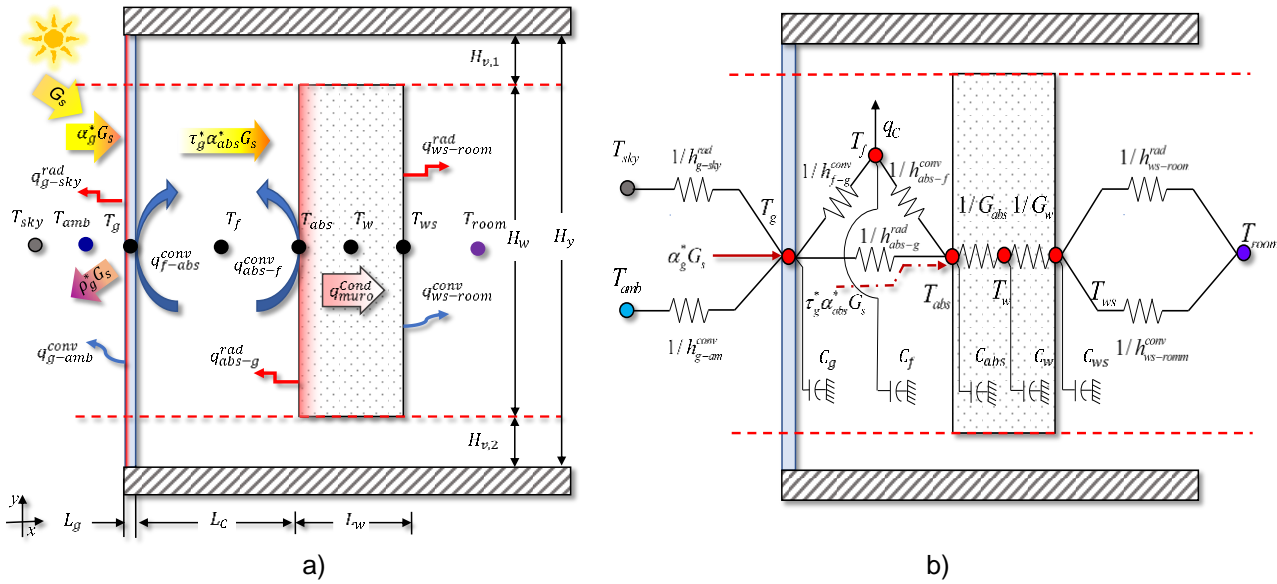


Figura 1. a) Modelo físico del sistema TW. b) Diagrama térmico-resistivo del sistema TW.

El modelo matemático que representa la transferencia de calor en el TW se obtiene al aplicar la Primera Ley de la Termodinámica a cada nodo. El modelo resultante está constituido por las siguientes ecuaciones:

$$\rho_g C_{p,g} \delta x_g \frac{\partial T_g}{\partial t} = \alpha_g^* G_s + h_{f-g}^{conv} (T_f - T_g) + h_{abs-g}^{rad} (T_{abs} - T_g) + h_{g-amb}^{conv} (T_{amb} - T_g) + h_{g-sky}^{rad} (T_{sky} - T_g) \quad (1)$$

$$\rho_f C_{p,f} \delta x_f \frac{\partial T_f}{\partial t} = h_{abs-f}^{conv} (T_{abs} - T_f) + h_{f-g}^{conv} (T_g - T_f) + h_f (T_{f,in,j} - T_f) \quad (2)$$

$$\rho_{abs} C_{p,abs} \delta x_{abs} \frac{\partial T_{abs}}{\partial t} = \alpha_{abs}^* \tau_g^* G_s + h_{abs-f}^{conv} (T_f - T_{abs}) + h_{abs-g}^{rad} (T_g - T_{abs}) + G_{abs} (T_w - T_{abs}) \quad (3)$$

$$\rho_w C_{p,w} \delta x_w \frac{\partial T_w}{\partial t} = G_{abs} (T_{abs} - T_w) + G_w (T_{ws} - T_w) \quad (4)$$

$$\rho_{ws} C_{p,ws} \delta x_{ws} \frac{\partial T_{ws}}{\partial t} = G_w (T_w - T_{ws}) + h_{ws-room}^{conv} (T_{room} - T_{ws}) + h_{ws-room}^{rad} (T_{ws} - T_{room}) \quad (5)$$

donde:  $C_{g,f,abs,w,ws} = \rho C_p V \frac{\partial(T)}{\partial t}$ ;  $G_{abs} = \lambda_{abs} / L_3$ ;  $G_w = \lambda_w / L_4$

### Metodología de Solución y verificación del código desarrollado.

Una vez que se obtuvo el modelo matemático, es necesario realizar una discretización al término transitorio en cada ecuación. Éste se aproxima mediante una diferencia finita bajo un esquema completamente implícito. De esta manera, y después de manipulación algebraica, se produce un sistema de ecuaciones algebraicas. Por otro lado, para el cálculo de los coeficientes de transferencia de calor convectivos y radiativos se utilizaron las correlaciones que refiere Ong [7]. La velocidad media del aire a través del canal es calculada con la relación propuesta por Duffie y Beckman [8]. Las propiedades termofísicas del aire se determinan mediante correlaciones basadas en datos tabulados de Incropera y De Witt [9]. Finalmente, el sistema de ecuaciones es resuelto mediante el algoritmo iterativo de Gauss-Seidel utilizando un factor de relajación de 0.9. Para ello se desarrolló un código computacional en FORTRAN. En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo del proceso de solución iterativo.

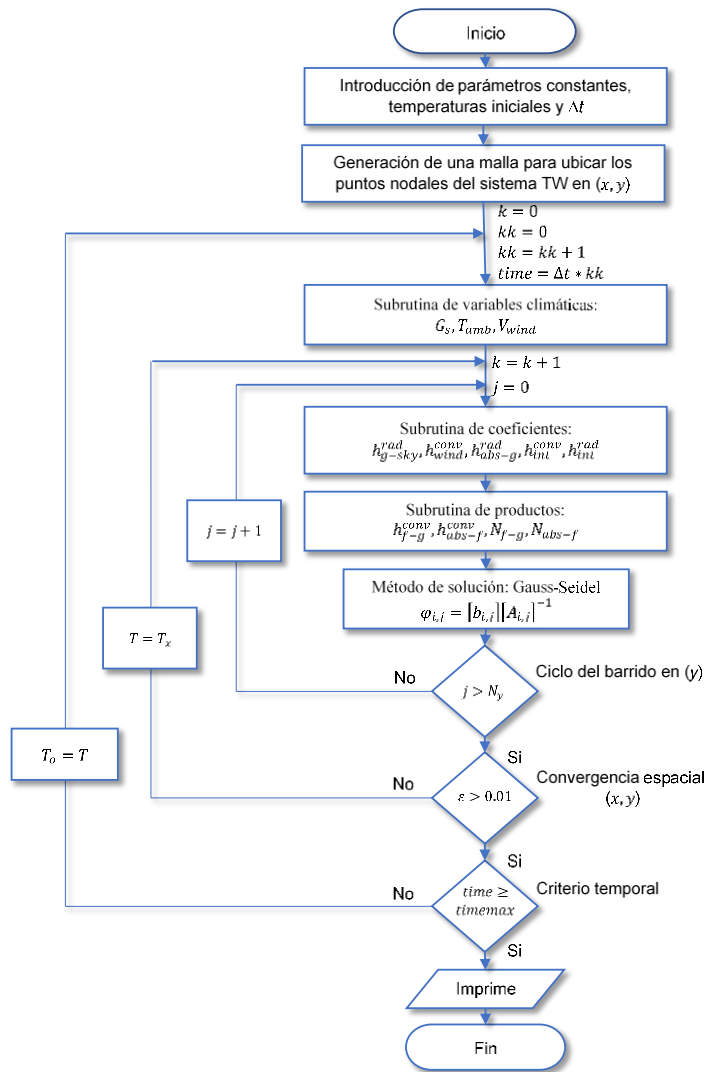
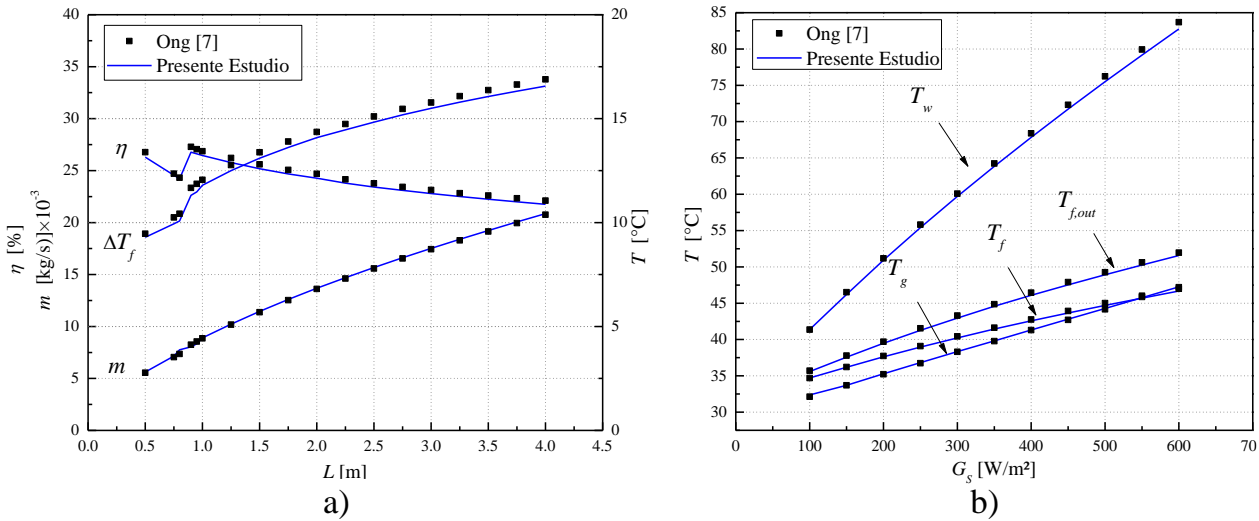


Figura 2. Diagrama de flujo del código desarrollado en estado transitorio.



Con el propósito de selección del número de secciones verticales y del paso de tiempo a usar, se realizó un estudio para determinar los valores óptimos de estos parámetros. En el caso del número de sección, se encontró que a partir de 15 secciones se presenta una variación de temperatura menor del 1%. Con respecto al paso de tiempo óptimo ( $\Delta t$ ): se determinó que, al presentar diferencias menores al 1% en el flujo de calor al interior ( $Q_{int}$ ),  $\Delta t = 60$  s es el paso de tiempo óptimo para realizar el estudio.

Para verificar el código desarrollado, se realizó la comparación con un trabajo de referencia reportado en la literatura por Ong [7]. El trabajo corresponde a la transferencia de calor conjugada en una chimenea solar (sistema similar al TW). Con base en los resultados mostrados en la Figura 3, se puede decir de manera cualitativa, la comparación de la distribución de la temperatura así mismo como la eficiencia y flujo másico corresponden con el problema de referencia. Así mismo, en la Tabla 1, se observa una diferencia máxima porcentual de 1.12% siendo no significativa. Por lo tanto, se concluye que la metodología adoptada produce resultados satisfactorios en la predicción de la transferencia de calor en estos sistemas pasivos.



**Figura 3.** a) Eficiencia y flujo másico en función de la altura de la chimenea. b) Distribución de las temperaturas en función de la radiación solar incidente.

**Tabla 1.** Comparación de los resultados.

$G_s$ [W/m <sup>2</sup> ]	Presente Estudio			Ong [7]		
	$T_g$ [°C]	$T_f$ [°C]	$T_w$ [°C]	$T_g$ [°C]	$T_f$ [°C]	$T_w$ [°C]
100	32.37 (0.78)	34.71 (0.03)	41.38 (0.05)	32.12	34.70	41.36
400	41.31 (0.02)	42.57 (0.42)	67.84 (0.79)	41.30	42.75	68.38
600	47.25 (0.57)	46.68 (1.10)	82.76 (1.12)	46.98	47.20	83.70

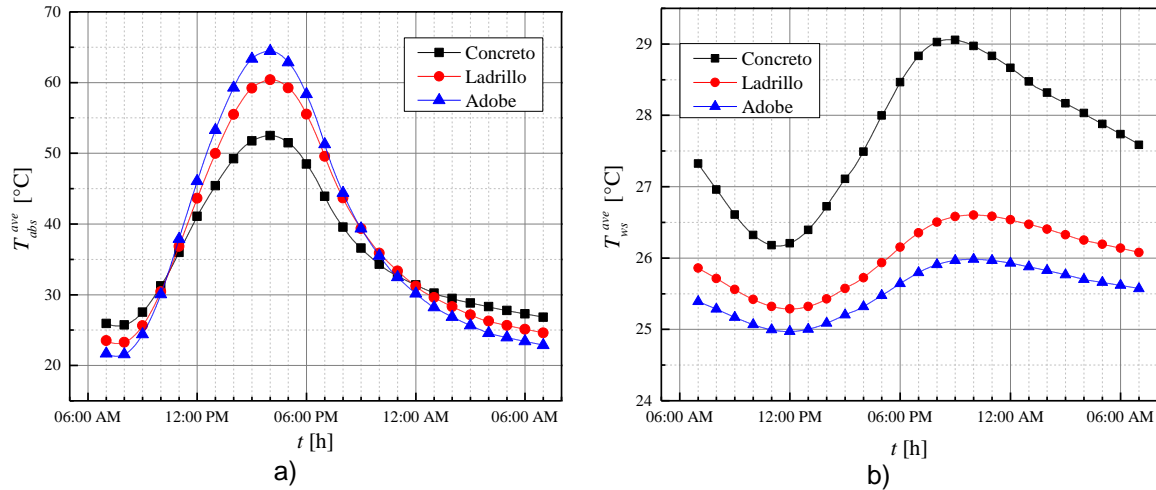
Valores en ( ) corresponden a la diferencia relativa porcentual.

## Resultados y Discusión.

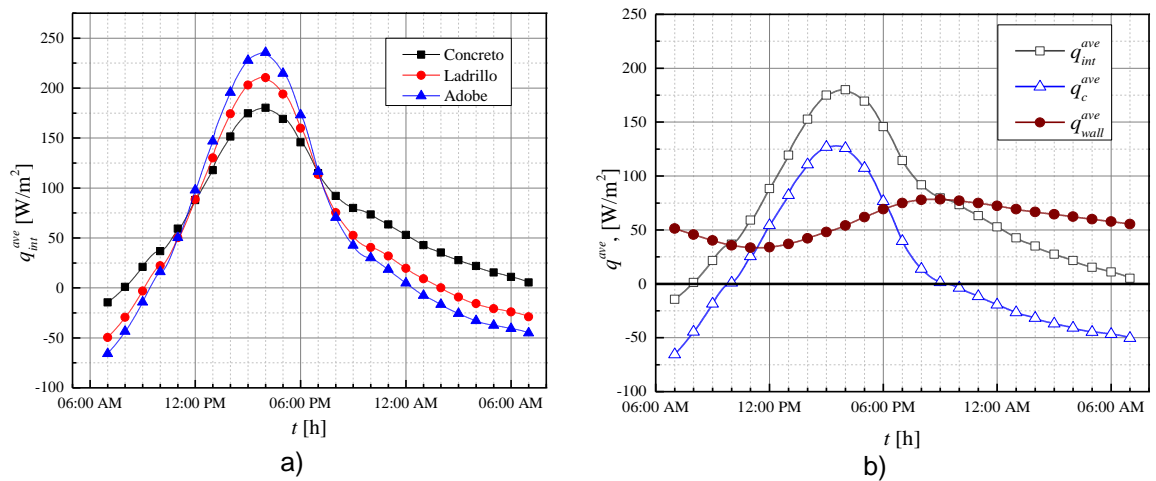
El estudio paramétrico se realizó bajo las condiciones climáticas para el día más frío de Tulancingo, Hidalgo. El tiempo de modelación fue de 24 horas, iniciando con la primera luz solar del día y concluyendo a esa misma hora del día siguiente. Se estudiaron tres materiales de construcción típicos en edificaciones de la República Mexicana: concreto, ladrillo y adobe. Adicionalmente, de acuerdo con Hernández-López et. al [5] las dimensiones óptimas para un TW con clima templado en México son: ancho de canal  $L_c = 20$  cm, una apertura de ventilas  $H_{v,1} = H_{v,2} = 20$  cm, un muro masivo de  $L_w = 30$  cm. Así, está configuración fue considerada. Por otro lado, las variables para el análisis de resultados son: (1) Temperatura en los elementos que conforman el sistema TW: temperatura del vidrio ( $T_g^{ave}$ ), temperatura del aire en el canal ( $T_f^{ave}$ ), temperatura del absorbedor ( $T_{abs}^{ave}$ ) y temperatura de la pared interior ( $T_{ws}^{ave}$ ), (2) el flujo másico en el canal ( $\dot{m}$ ) y el calor total hacia la habitación ( $Q_{int}$ ). Este último parámetro representa la energía entregada por el sistema. Se determina mediante la integración de  $q_{int}^{ave}$  en el tiempo de modelación (24 horas).

En la Figura 4a) se observa un comportamiento de  $T_{abs}^{ave}$  similar para los tres materiales.  $T_{abs}^{ave}$  del adobe se encuentra por debajo de la correspondiente al ladrillo y al concreto. Sin embargo, en el periodo de 10:00 AM hasta las 11:00 PM, este efecto se invierte, esto se debe a la difusividad térmica que posee cada material. Por otro lado, después de las 11:00 PM,  $T_{abs}^{ave}$  para el concreto permanece por encima de los valores que corresponden para los casos del ladrillo y del adobe hasta las 7:00 PM del día siguiente, en donde se alcanza una diferencia máxima de 5 °C entre el concreto y el adobe. Esto se debe a que la capacidad calorífica volumétrica del concreto le proporciona mayor capacidad de almacenamiento de energía térmica al final del día que la de los otros dos materiales. En la Figura 7, se observa que  $T_{ws}^{ave}$  para el concreto alcanza valores mayores que los otros dos materiales, en especial para después de las 5:00 PM. Se observa que la mayor diferencia entre la  $T_{ws}^{ave}$  del concreto y la del adobe es de 3.1 °C, misma que ocurre a las 9:00 PM. Esta diferencia disminuye de manera moderada durante la noche hasta alcanzar 2 °C a las 7:00 a.m. del siguiente día.

En la Figura 5b) se observa que la energía proporcionada por el fluido ( $q_c^{ave}$ ) es negativa durante las primeras tres horas del día. Esto indica que se está extrayendo energía de la habitación. A partir de las 10:00 AM,  $q_c^{ave}$  comienza a suministrar energía alcanzando un valor máximo de 125 W/m<sup>2</sup> a las 3:00 PM. Posterior a esta hora, se presenta una disminución muy pronunciada debido a que la radiación solar incidente en el absorbedor disminuye. Este comportamiento en  $q_c^{ave}$  se presenta hasta las 9:00 PM. Así,  $q_c^{ave}$  disminuye gradualmente hasta las 7:00 AM, tiempo en el que se alcanza un valor de -50 W/m<sup>2</sup>. Por otro lado, la energía proporcionada por el muro ( $q_{wall}^{ave}$ ) inicia suministrando 50 W/m<sup>2</sup> y disminuye ligeramente hasta alcanzar un valor de 26 W/m<sup>2</sup> al mediodía. Después, comienza a incrementar gradualmente hasta alcanzar a suministrar un valor máximo de 75 W/m<sup>2</sup> a las 9:00 PM. A partir de esta hora,  $q_{wall}^{ave}$  comienza a disminuir muy lentamente hasta las 7:00 AM, hora en que presenta un suministro de energía de 51 W/m<sup>2</sup>.



**Figura 4.** Efecto del material de muro sobre la temperatura: a) de la superficie absorbadora. b) de la superficie interior del muro.



**Figura 5.** Flujos de calor: a) Efecto del material en  $Q_{int}$ . b) Flujos de calor en muro de concreto.

En la Figura 5a) se observa que el adobe es la mejor opción para proporcionar calentamiento diurno. Sin embargo, es la peor para calentamiento nocturno. Tanto el caso del ladrillo como el adobe inician su proceso de calentamiento a partir de las 9:00 AM, mientras que el caso del concreto inicia una hora antes. Sin embargo, el muro de concreto, prolonga el calentamiento hasta las 7:00 a.m. del siguiente día. Pero tanto el muro de adobe como el muro de ladrillo no son capaces de proporcionar calentamiento después de medianoche. Por último, con respecto a la energía total suministrada por el TW a la habitación, en la Tabla 3 se observa que el muro de concreto presenta la mayor cantidad: 1.78 kWh/m<sup>2</sup>. Lo que significa 23% más que el ladrillo y 30% más que el adobe. En este sentido, y de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio paramétrico del

material del muro, se encuentra que el concreto presenta mejor desempeño térmico para el calentamiento solar pasivo en un TW.

**Tabla 3.** Efecto del material del muro sobre la temperatura y el calor total suministrado.

Material	$T_g^{ave}$ [°C]	$T_f^{ave}$ [°C]	$T_{abs}^{ave}$ [°C]	$T_{ws}^{ave}$ [°C]	$\dot{m}$ [kg/s] $\times 10^{-3}$	$Q_{int}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Concreto	15.15	24.45	36.53	27.74	12.50	1.78
Ladrillo	15.71	24.81	38.27	26.01	15.84	1.44
Adobe	15.88	24.86	38.73	25.53	14.63	1.37

## Conclusiones.

De acuerdo con la energía total suministrada  $Q_{int}$ , se encontró que el concreto aporta 1.78 kWh/m<sup>2</sup> durante el día más frío del año, es decir un 23% más que el ladrillo y 30% más que el adobe. Por lo tanto, el uso de concreto presenta el mejor desempeño térmico del TW. Adicionalmente, acuerdo con  $q_{int}^{ave}$ , el uso del concreto produce un mejor comportamiento térmico. Se encontró que, a pesar de que  $q_c^{ave}$  tiende a invertirse durante la noche, el calor cedido por el muro ( $q_{wall}^{ave}$ ) permite compensar las pérdidas a través del vidrio, lo cual prolonga el calentamiento pasivo en la habitación hasta el día siguiente.

## Agradecimientos.

Los autores quieren agradecer al PRODEP por el apoyo en el financiamiento del Proyecto UNISON-PTC-306 del cual este trabajo es producto.

## Referencias

1. IEA, Global Energy and CO<sub>2</sub> Status Report, 2018.
2. K. Hami; B. Draoui; O. Hami *Energy*. 2012, 39, 11.
3. E. Krüger; E. Suzuki; A. Matoski *Energy and Buildings*. 2013, 66, 364.
4. Y. Liu; D. Wang; C. Ma; J. Liu. *Building Simulation*. 2013, 91, 1.
5. I. Hernández-López; J. Xamán; Y. Chávez; R. Alvarado *Energy*. 2016, 109, 512.
6. A. Adbeen; A. A. Serageldin; M. G. E. Ibrahim; A. El-Zarafarny; S. Ookawara; R. Murata *Applied Thermal Engineering*. 2019, 154, 751.
7. K. Ong *Renewable Energy*. 2003, 28, 1047.
8. A. J. Duffie; A.W. Beckman *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, New York, 2013.
9. F. P. Incropera; D.P. De Witt; *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons; New York, 2006.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## MODELO HIDRÁULICO DE UN GENERADOR DE OLAS

O. C. Benítez-Centeno<sup>1,2</sup>, H. J. Flores-Castro<sup>1</sup>, R. Ovando-Castelar<sup>1,2</sup>, M.G. Vargas-Vega<sup>1,2</sup>, G. Zetina-Dominguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[omar.bc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:omar.bc@zacatepec.tecnm.mx), [humbflorescastro@gmail.com](mailto:humbflorescastro@gmail.com), [rosemer.oc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:rosemer.oc@zacatepec.tecnm.mx),  
[minerva.vv@zacatepec.tecnm.mx](mailto:minerva.vv@zacatepec.tecnm.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,  
<sup>3</sup>Comisión Federal de Electricidad (Laboratorio de Hidráulica) – [gilberto.zetina@cfe.mx](mailto:gilberto.zetina@cfe.mx)

**Área de participación:** *Sistemas Electromecánicos (IEM)*

**Resumen:** En este trabajo se presenta el modelo para la generación de olas en un canal y su respectivo prototipo con el cual se realizarán experimentos de laboratorio para análisis del comportamiento de una perturbación ondulante en la interfaz líquido-gas. El estudio de las olas en interacción con instalaciones portuarias, barcazas, plataformas, etc., o para la generación y/o conversión de energía, actualmente tienen una relevancia por el aporte a la solución de problemáticas técnicas. Aquí se presenta la propuesta de un modelo teórico resuelto numéricamente a través de software computacional CFD, para la predicción del comportamiento de una ola en un canal que cumple con las condiciones de similitud, escalamiento y dimensiones. Derivado de lo anterior se presenta la propuesta e implementación de un mecanismo para generar olas de acuerdo con las condiciones de similitud geométrica, cinemática y dinámica.

### Introducción.

En las instalaciones portuarias y marítimas es necesario antes de su construcción o adecuaciones tener una referencia técnica del comportamiento de las estructuras y/o naves en interacción hidrodinámica del oleaje del mar. La información técnica puede ser obtenida mediante la solución de un modelo matemático con la ayuda de la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) y por medio de modelos y prototipos en experimentos.

El modelo matemático consiste generalmente de dos ecuaciones principales que rigen el movimiento de los fluidos en todos los problemas de hidráulica son: La ecuación de la continuidad o de conservación de masa, y la de conservación del movimiento o impulso y cantidad de movimiento (derivada de la segunda ley de Newton); la segunda tiene diversas formas de expresarse, sin embargo la más general es a través de las llamadas ecuaciones de Navier-Stokes, que a pesar de estar pensadas para flujo laminar y de que la mayoría de los flujos a superficie libre de interés para la ingeniería son turbulentos, puede hacerse válida en flujo turbulento haciendo uso del concepto de viscosidad turbulenta. Las ecuaciones de Navier-Stokes incluyen satisfactoriamente la mayoría de los factores que intervienen en el comportamiento del agua, sin embargo, hasta el momento no existe alguna forma analítica de solucionarlas completamente, por lo que debe hacerse uso de simplificaciones derivadas de asumir diversas hipótesis. Casi todos los modelos de oleaje utilizan la teoría del flujo potencial, que asume que el flujo es irrotacional y que existe una función escalar, llamada potencial de velocidades, cuyo gradiente representa al campo de velocidades. Como para estos fines el agua puede

considerarse incompresible, entonces la ecuación de continuidad del flujo puede representarse por medio de la ecuación de Laplace (Acuña et al., 2003).

Aun y a pesar de lo último, la solución del modelo matemático representa un gran reto ya que obtener la solución por la vía analítica es sumamente complejo, pero actualmente se cuenta con la ventaja de obtener soluciones aproximadas altamente precisas con la alternativa de los métodos numéricos como son las diferencias finitas, volumen finito, elemento finito y otros, ya sea que la discretización se resuelva con un código propio usando lenguajes como Fortran, C, Python o que se empleen softwares como OpenFoam. La gran ventaja del empleo del modelado numérico es que económicamente representa ahorros para implementar condiciones y conocer su impacto en el desempeño hidrodinámico sobre la geometría y los materiales.

Por otro lado, también es de gran importancia poder validar los resultados teóricos y este es el aporte experimental, los canales de olas son una herramienta usada en laboratorios de los centros de investigación para pruebas y análisis en este caso en estudios marítimos. La aplicación de la generación de las olas implementada en un canal contribuye con el aporte del comportamiento real del fenómeno del oleaje en interacción con instalaciones marítimas guardando las condiciones de magnitud y semejanza en un prototipo experimental.

### **Fundamento Teórico.**

El mecanismo con que se generan las olas debidas al viento no está aun perfectamente esclarecido; se trata probablemente de la acción de oscilaciones de la presión atmosférica de periodo corto combinadas con la acción del viento. Por su turbulencia, una corriente de viento que fluye, incluso, paralela a la superficie del mar, se puede asimilar a una sucesión de oscilaciones de la presión atmosférica que actúan en un plano vertical, ortogonalmente a la dirección del viento. Tales oscilaciones, que incluso pueden superar la amplitud de un milibar, llegan a tener periodos del orden de uno a varios segundos, y se corresponden con auténticos golpes alternados con acciones de reflujos, que se desplazan con el avance del viento, por lo que la superficie aparece afectada por una agitación. En el mar existen dos tipos generales de ondas, estacionarias y progresivas o transitorias (Díez, 2005).

Una de las razones prácticas que justifican el estudio del oleaje es la energía liberada durante su proceso de rotura. Dicha energía es la principal causante de diferentes fenómenos que configuran la línea de costa tales como la erosión de los acantilados, los cambios en la forma en planta y perfil de las playas, la inestabilidad de escolleras y bloques de diques y espigones, la destrucción de infraestructuras, etc., Muñoz-Pérez et al., 2011.

Teóricamente se han propuesto modelos físicos para las olas, los principales son: teoría lineal de la ola (Airy), teoría de ola de amplitud finita (Stokes), teoría de ola senoidal, función de flujo de la teoría de la ola y la teoría de ola estática, en todos ellos los



parámetros importantes para describir las olas son su longitud y altura, y la profundidad del agua sobre la que se propagan. Todos los demás parámetros, como como las velocidades y aceleraciones del agua inducidas por las olas, se pueden determinar teóricamente a partir de estas cantidades. En la Figura 1, se muestra un esquema bidimensional de una onda que se propaga en la dirección x. La longitud de la onda,  $\lambda$ , es la distancia horizontal entre dos crestas de onda sucesivas, o los puntos más altos en una ola, o alternativamente la distancia entre dos valles de ola. La longitud de onda se puede mostrar en relación con la profundidad del agua  $h$  y el periodo de onda  $T$ , que es el tiempo necesario para dos crestas o valles sucesivos pasasen en un punto en particular. Como la ola debe moverse una distancia  $L$  en el tiempo  $T$ , la velocidad de la onda, llamada celeridad,  $C$ , se define como  $C = L/T$  (Dean y Dalrymple, 1984).

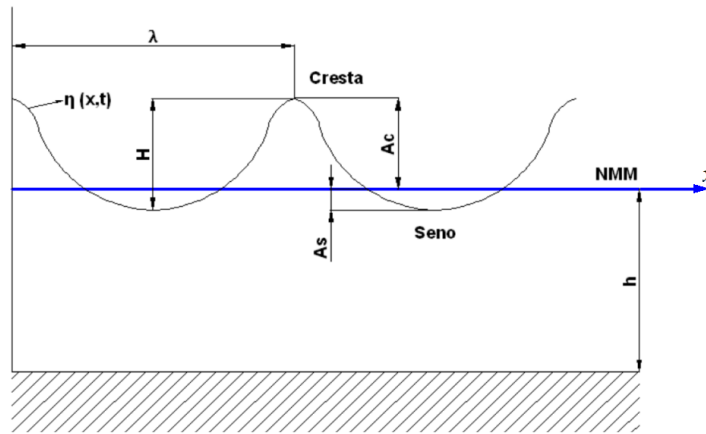


Figura 1. Características de una ola.

El modelo físico planteado en el presente trabajo está representado en la Figura 2, donde se eligió la teoría de olas de Stokes de 5to orden, esta teoría tiene gran convergencia en estudios de aguas poco profundas e intermedias. El proceso de elección de la teoría fue por medio del cálculo del Número de Ursell y el Diagrama de Le Méhauté, estos parámetros son utilizados para la definición de la teoría y el régimen de comportamiento de estas.

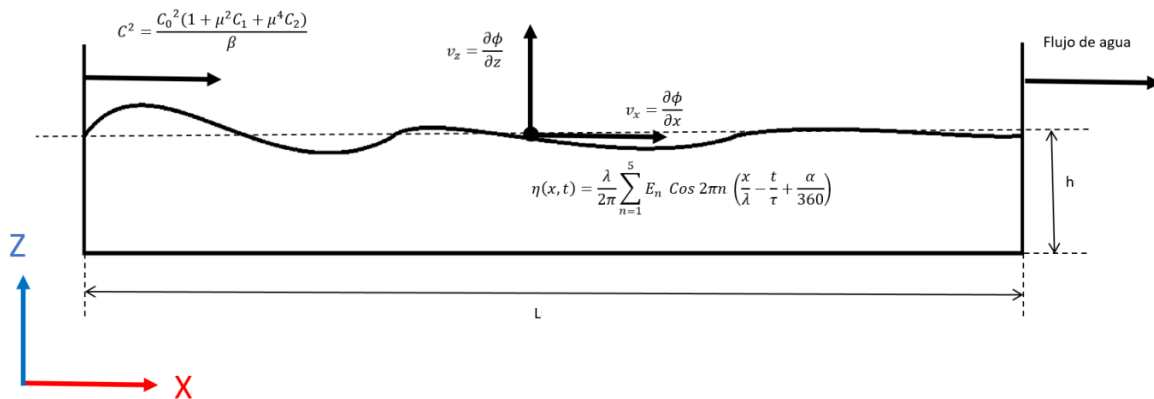


Figura 2. Modelo físico del modelo de olas.

El modelo matemático que rige la física presentada en el modelo físico de la Figura 2, es representado por las ecuaciones 1 y 2 que son las ecuaciones de turbulencia; kapa ( $k$ ) - omega ( $\omega$ ), donde  $\rho$  es la densidad,  $\Gamma$  es la difusión efectiva,  $G$  es la generación de la energía cinética turbulenta debido a los gradientes de velocidad,  $Y$  es la disipación debido a la turbulencia,  $D$  representa el término de la difusión cruzada al modificar el Modelo  $\kappa - \varepsilon$ , el subíndice  $k$  es la energía cinética de la turbulencia y el subíndice  $\omega$  representa la disipación específica:

$$\frac{\partial}{\partial t}(pk) + \frac{\partial}{\partial x_j}(pk u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G G_k - Y_k \quad \text{Ec. 1}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(p\omega) + \frac{\partial}{\partial x_j}(p\omega u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + G_\omega - Y_\omega + D_\omega \quad \text{Ec. 2}$$

### Sección Experimental.

El canal donde se realizó la implementación del mecanismo para la generación de olas tiene una longitud de 12 metros, una altura de 0.9 metros y una anchura de 0.8 metros. El mecanismo es impulsado por un movimiento Rotativo por lo que se debe cumplir la condición de Grashof, tal y como se muestra en la Figura 3, Se elaboró un esquema bidimensional del mecanismo. El mecanismo generador es tipo flap el cual realiza una carrera de 0.44 m, con una velocidad de 0.56 m/s, el mecanismo requiere una potencia mínima de 17.814 W de potencia.

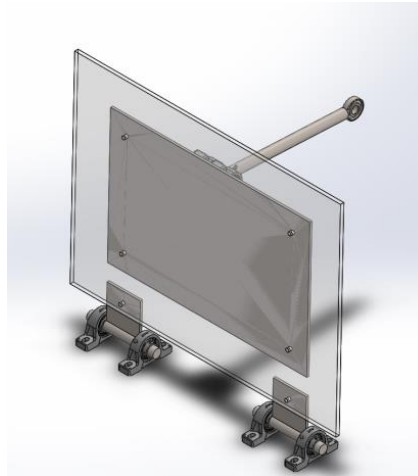


Figura 3. Mecanismo generador de olas.

### Resultados y Discusión.

Después del planteamiento del modelo matemático, éste se resolvió mediante en un software de CFD para las siguientes condiciones según la Tabla 1:

Tabla 1. Parámetros de prueba.

Parámetro	Magnitud
Altura de Cresta / Ola ( $A_c$ )	0.11m / 0.22m
Longitud de onda ( $\lambda$ )	2m
Periodo (T)	5 s.
Profundidad (h)	0.5 m
Longitud del canal (L)	12 m
Altura del canal	0.9 m

Los resultados se muestran en la Figura 4. Se aprecia la ondulación en la interfase agua-aire, el agua se representa con el color rojo y el aire con el color azul, tal y como se esperaba se genera una ola la cual se levanta con una altura de cresta de alrededor de los 0.11 metros y la disipación de la onda en una longitud un poco mayor a los 6 metros.

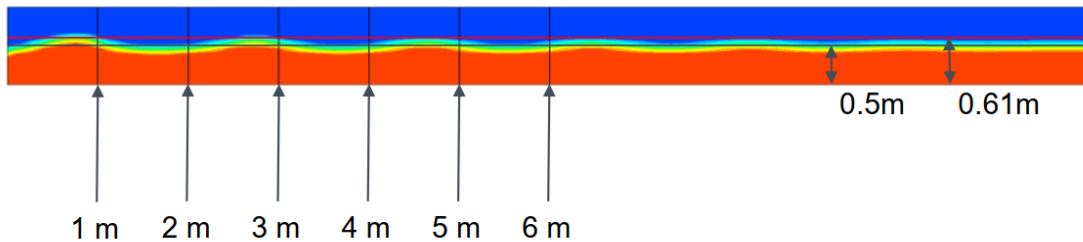


Figura 4. Resultados del modelo numérico.

En la Figura 5 se muestra la tabla de valores que representa la distribución de la fracción de líquido (rojo-líquido y azul-gas) en la onda que se simula para el canal descrito con las características geométricas ya descritas.

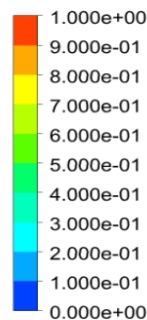


Figura 5. Distribución de la fracción de líquido en la ola.

El prototipo generador de olas se diseñó con base a la teoría de Galvin, se calculó la carrera, la velocidad y la potencia necesaria del generador para poder realizar el oleaje necesario. El prototipo generador de olas se presenta en la Figura 6, se puede apreciar la ola generada en el canal.



Figura 6. Prototipo generador de la ola.

## Conclusiones.

El presente trabajo abordó una selección de las relaciones adecuadas para el diseño del generador de olas que permitirá su estudio hidráulico y una simulación utilizando un paquete computacional de CFD. Para lo anterior se realizó el diseño de un mecanismo generador de olas tipo flap, el cual genera olas por medio del movimiento de una paleta, los materiales para su construcción fueron seleccionados de forma que sus propiedades fueran las óptimas para el desarrollo del diseño, ya que soportan los esfuerzos necesarios y además son resistentes a la corrosión. La fuerza motriz es desarrollada por un motor de corriente directa de 0.5 HP acoplado a un engrane por medio de una cadena, el motor cuenta con un sistema propio para el ajuste de la velocidad. Este mecanismo es capaz de generar las olas a distintas frecuencias. Dentro de la simulación se realizaron los respectivos análisis de mallado y se realizaron variaciones para observar su comportamiento, los resultados mostrados en el presente documento muestran los requeridos por el laboratorio, en los cuales se pudo observar el comportamiento de las olas y sus perturbaciones. Las ecuaciones de gobierno fueron seleccionadas de manera que se representara con precisión el comportamiento de la ola generada. En las pruebas también se pudo observar que el diseño del mecanismo es capaz de generar las olas tal y como la teoría indicaba.

## Referencias

1. Acuña, A., Silva, R., y Simmonds, D. (2003). Principales teorías para el modelado matemático de la propagación de oleaje. Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera.
2. Díez, P. F. (2005). Energía de las olas. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria.
3. Muñoz - Pérez, J. J. et al. (2011). Ondas regulares y su aplicación a la Ingeniería de Costas. Universidad de Cádiz.
4. Dean, R. G. y Dalrymple, R. A. (1984). Water wave mechanics for engineers and scientists. Prentice-Hall Inc.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## CARACTERIZACION DE MICROBALANZAS DE CUARZO UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA DE IMPEDANCIA

**F. N. Murrieta-Rico<sup>1</sup>, L. Lindner<sup>2</sup>, V. Petranovskii<sup>1</sup>, D. Galván, J. Antúnez-García<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México

[fmurrieta@cnyun.unam.mx](mailto:fmurrieta@cnyun.unam.mx), [vitalii@cnyun.unam.mx](mailto:vitalii@cnyun.unam.mx), [donald@cnyun.unam.mx](mailto:donald@cnyun.unam.mx), [joel.antunez@gmail.com](mailto:joel.antunez@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California

[lindner.lars@uabc.edu.mx](mailto:lindner.lars@uabc.edu.mx)

*Área de participación: Sistemas electromecánicos*

**Resumen:** Las microbalanzas de cuarzo son dispositivos que se pueden utilizar para el desarrollo de sensores con capacidad para la detección de especies químicas específicas. Estos sensores, al ser conectados en circuitos resonadores, generan una señal con una frecuencia que es definida por la frecuencia propia del sensor. Dicha frecuencia cambia cuando la masa sobre la microbalanza de cuarzo cambia, entonces la variación de masa puede ser calculada a partir de la medición de la variación de frecuencia observada. Para el uso adecuado de estos sensores es necesario conocer los parámetros físicos de su funcionamiento, esto permite la aplicación adecuada de los modelos que relacionan la variación de frecuencia con la variación de masa. Las microbalanzas tienen una frecuencia de operación nominal que difiere de la frecuencia real de funcionamiento, esta variación es generada principalmente por los efectos del sujetador sobre la microbalanza. Como estos sensores tienen una sensibilidad de nanogramos por Hz, es muy importante calcular cual es la frecuencia de resonancia del sensor antes de exponerlo a las variaciones de masa que se desean medir. En este trabajo se muestra la metodología para analizar la frecuencia propia de un cristal de cuarzo, así como los parámetros que definen dicho valor.

### Introducción

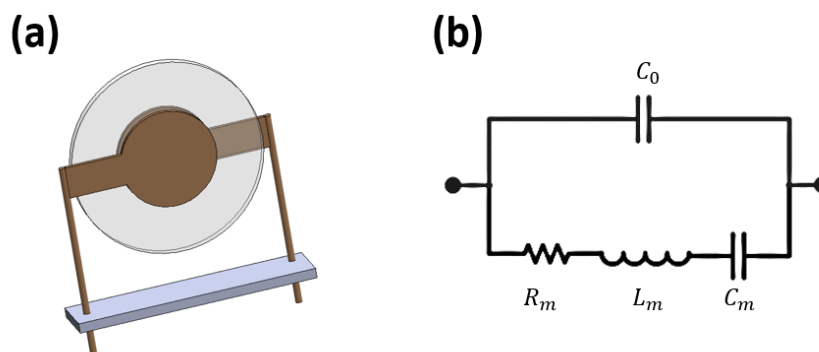
Las microbalanzas de cuarzo o QCMs (del inglés *quartz crystal microbalances*) son dispositivos los cuales son utilizados para el desarrollo de sensores. En particular, para la detección de compuestos químicos específicos. Una QCM está hecha de un disco de cuarzo delgado, con dos electrodos de metal, uno en cada lado del disco (Fig. 1a). Cuando una QCM es conectada a un circuito resonador, una señal eléctrica es generada. La frecuencia de esta señal está definida por la frecuencia de resonancia de la QCM. Bajo condiciones específicas, cuando existe una masa sobre la superficie de la QCM, existe lo que se conoce como un “*frequency shift*”, esto es una variación desde la frecuencia de la QCM sin masa hasta un nuevo valor de frecuencia que está definido por la variación de masa sobre la microbalanza de cuarzo. Este efecto fue descrito y estudiado en profundidad por Sauerbrey (1959).

Las QCM son sensores cuyo uso primario es el de cuantificar pequeñas variaciones de masa. Desde que Sauerbrey analizo el funcionamiento de las QCM, además de cuantificación de masa, estos dispositivos han sido utilizados en una gran diversidad de aplicaciones, las cuales incluyen la medición del punto de rocío (Kwon *et al.* 2008), análisis de la cristalización de cera (Cassiède *at al.*, 2008), estudios biológicos (Hayden *et al.*, 2003; Lüthgens *at al.*, 2003), análisis de viscosidad (Ash *et al.*, 2003), medición de la presión de vapor (Freednan *et al.*, 2008), análisis de humedad relativa (Murrieta-Rico *et al.*, 2021), etc.

Por otra parte, la superficie de una QCM se puede “funcionalizar” con una capa sensible, la cual tiene la capacidad de adsorber algún compuesto químico de interés (Murrieta-Rico *et al.*, 2021). Entonces, durante el proceso de adsorción del analito por la capa sensible ocurre una variación de frecuencia en la señal generada por la QCM. Para los sensores basados en QCMs es necesario conocer la ecuación que relaciona la variación de masa  $\Delta m$  [g] con la variación de frecuencia  $\Delta f$  [Hz] observada. Un modelo ampliamente utilizado es la ecuación de Sauerbrey (1959):

$$\Delta f = - \frac{2.3 \times 10^{-6} F^2 \Delta m}{A}, \quad (1)$$

donde  $F$  [Hz] es la frecuencia fundamental de la QCM y  $A$  [cm<sup>2</sup>] es el área de la superficie sensible. Como se muestra en la Eq. 1, para que se pueda calcular la variación de masa sobre la QCM es necesario conocer el valor de  $F$ . Aunque el fabricante de la QCM proporciona un valor de  $F$ , en la realidad este valor es afectado por las condiciones de operación del sensor, donde el más importante es el efecto de los contactos eléctricos (Fig. 1a) de la QCM con los circuitos de instrumentación requeridos para analizar la señal generada. En este trabajo se muestra el procedimiento para encontrar el valor de  $F$  en condiciones de trabajo experimentales, así como el procedimiento para determinar los parámetros físicos de funcionamiento en una QCM.



**Figura 1.** Representación gráfica de una QCM (a), circuito eléctrico equivalente de una microbalanza de cuarzo (b).

### Antecedentes teóricos

Considerando el modelo Butterworth-Van-Dyke (BVD) como el equivalente de una QCM (Alassi *et al.*, 2017) se pueden analizar diferentes efectos que afectan la frecuencia de resonancia de una QCM. En términos de la impedancia compleja de Fourier, la impedancia total  $Z_T$  de una QCM está dada por

$$Z_T = - \frac{1}{\left( C_0 s + \frac{1}{L_m s - R_m + \frac{1}{C_m s}} \right) \left( C_0 s + \frac{1}{R_m + L_m s + \frac{1}{C_m s}} \right)}, \quad (2)$$



donde  $C_m$  representa la energía almacenada por oscilación.  $R_m$  representa la pérdida de energía debido al amortiguamiento,  $R_m$  representa un elemento inercial relacionado al cristal y  $C_0$  representa la capacitancia de los electrodos con un material piezoeléctrico funcionando como un material dieléctrico. Además,  $Z_T$  es una función de la frecuencia compleja  $s = j\omega$ , donde  $j = \sqrt{-1}$ . El valor de  $C_0$  depende de la geometría del cristal y típicamente está en el orden de pF. Con el objetivo de encontrar la magnitud de la impedancia total que depende de la frecuencia  $f$  y debido a la complejidad matemática, se utilizó el software MATLAB R2020b para analizar la Ec. 2. Si  $\alpha = 16\pi^4 C_m^2 f^4 L_m^2$ ,  $\beta = 4\pi^2 C_m^2 f^2 R_m^2$ ,  $\gamma = 8\pi^2 C_m f^2 L_m$ , entonces

$$|Z_T|^2 = \frac{\alpha + \beta - \gamma + 1}{4f^2\pi^2(\alpha C_0^2 + \beta C_0^2 - \gamma C_0 - \gamma C_0^2 + C_m^2 + 2C_m C_0 + C_0^2)}. \quad (3)$$

La espectroscopia de impedancia es una técnica de análisis, donde a una muestra de interés se le aplica una señal senoidal, con una amplitud específica y se varía la frecuencia de esta señal en un intervalo definido. La espectroscopia de impedancia es una técnica de análisis que se utiliza para la caracterización de materiales (Nava *et al.*, 2020; Luque *et al.*, 2020; Martínez-Rosas *et al.*, 2021). Esta técnica se puede utilizar para caracterizar cristales de cuarzo (Zheng *et al.*, 2012), esto a través de la localización de los picos de resonancia que aparecen durante el barrido de frecuencia.

## Resultados y Discusión.

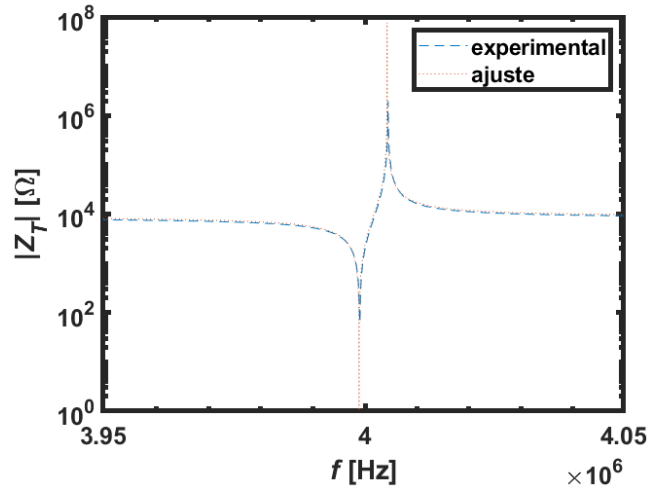
Con el objetivo de obtener los valores para los elementos del circuito BVD para una QCM, se utilizó un cristal con frecuencia nominal de 4 MHz, con corte AT, y capacitancia de carga nominal de 32 pF del fabricante SKC (Murrieta-Rico *et al.*, 2020). Se conectó el cristal a un analizador de impedancia donde se hizo un barrido en frecuencia de 3.9 MHz hasta 4.1 MHz, con una amplitud de 0.1 V, en incrementos de 100 Hz. Los datos experimentales son mostrados en la Fig. 2.

Como se observa en la Fig. 2, dos picos son observados, cada uno corresponde a una frecuencia de resonancia. El primer pico se encuentra cuando  $f = 3.999$  MHz y se conoce como la frecuencia de resonancia en serie  $f_s$ . Un segundo pico se encuentra cuando  $f = 4.0044$  MHz y esta es la frecuencia de resonancia en paralelo  $f_p$ . Como menciona Alassi *et al.*, (2017),  $f_s$  esta principalmente relacionada a las propiedades del cristal y representa la frecuencia de resonancia del cristal piezoeléctrico. Los valores de las frecuencias de resonancia en serie y en paralelo se pueden calcular como

$$f_s \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L_m C_m}}, \quad (4)$$

$$f_p \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{L_m C_m C_0^*}{C_m + C_0^*}}}. \quad (5)$$

En este caso,  $C_0^* = C_0 + C_{ext}$  indica que el cristal esta conectado a un aparato externo y  $C_0^* = C_0$  en el caso de electrodos simples.



**Figura 2.** Resultados de análisis de respuesta en frecuencia: datos experimentales y datos obtenidos con el ajuste.

A partir de las Ecs. 4 y 5, se pueden encontrar valores de  $L_m$ ,  $C_m$  y  $C_0^*$  para que la Ec. 3 pueda generar los picos de resonancia observados en los datos experimentales. Con estos datos se hace el ajuste de los datos utilizando el software MATLAB R2020b y se obtiene el comportamiento ilustrado en la Fig. 2. Los datos calculados para los elementos del modelo BVD son mostrados en la Tabla 1.

**Tabla 1.-** Parámetros del circuito eléctrico obtenidos después del ajuste de datos experimentales

$C_0$ [F]	$R_m$ [ $\Omega$ ]	$L_m$ [H]	$C_m$ [F]
$4.5746 \times 10^{-9}$	$1 \times 10^{-3}$	$1.2812 \times 10^{-4}$	$1.2364 \times 10^{-11}$

Como es de esperarse, el análisis de respuesta en frecuencia requiere más tiempo si incrementos más pequeños de frecuencia son necesarios en el mismo intervalo de medición. Una de las principales ventajas del obtener el modelo equivalente de una QCM es que se puede analizar por medios computacionales, un intervalo más grande de funcionamiento y con mayor resolución de la que se puede hacer en el analizador de impedancia. Esto permite encontrar puntos de operación que después pueden validarse o estudiarse experimentalmente.

Con el procedimiento descrito se muestra el procedimiento para encontrar los valores que definen el funcionamiento de una QCM, donde  $F = f_s$  y las características de funcionamiento de estos sensores pueden derivarse del modelo BVD.

## Conclusiones

En este trabajo se mostró la caracterización de un cristal piezoeléctrico para su aplicación como sensor. Como resultado se obtuvieron los valores del circuito BVD que modela el funcionamiento del sensor. Además, la comparación del modelo que utiliza los datos

obtenidos con los datos experimentales muestra una alta similitud, lo que permite concluir que los parámetros calculados son una muy buena aproximación.

## Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por los proyectos UNAM PAPIIT IN115920 y Ciencia Básica de CONACYT A1-S-33492.

## Referencias

1. Alassi, A., Benammar, M., & Brett, D. (2017). Quartz crystal microbalance electronic interfacing systems: A review. *Sensors*, 17(12), 2799.
2. Ash, D. C., Joyce, M. J., Barnes, C., Booth, C. J., & Jefferies, A. C. (2003). Viscosity measurement of industrial oils using the droplet quartz crystal microbalance. *Measurement Science and Technology*, 14(11), 1955.
3. Cassiède, M., Pauly, J., Milhet, M., Rivaletto, M., Marrucho, I. M., Coutinho, J. A. P., & Daridon, J. L. (2008). A quartz crystal microbalance technique to study wax crystallization in the presence of gas. *Measurement Science and Technology*, 19(6), 065704.
4. Freedman, A., Kebabian, P. L., Li, Z., Robinson, W. A., & Wormhoudt, J. C. (2008). Apparatus for determination of vapor pressures at ambient temperatures employing a Knudsen effusion cell and quartz crystal microbalance. *Measurement Science and Technology*, 19(12), 125102.
5. Hayden, O., Bindeus, R., & Dickert, F. L. (2003). Combining atomic force microscope and quartz crystal microbalance studies for cell detection. *Measurement Science and Technology*, 14(11), 1876.
6. Kwon, S. Y., Kim, J. C., & Choi, B. I. (2008). Accurate dew-point measurement over a wide temperature range using a quartz crystal microbalance dew-point sensor. *Measurement Science and Technology*, 19(11), 115206.
7. Lüthgens, E., Herrig, A., Kastl, K., Steinem, C., Reiss, B., Wegener, J., Pignataro, B. & Janshoff, A. (2003). Adhesion of liposomes: a quartz crystal microbalance study. *Measurement Science and Technology*, 14(11), 1865.
8. Luque, P. A., Nava, O., Romo-Cárdenas, G., Nieto-Hipolito, J. I., Vilchis-Nestor, A. R., Valdez, K., ... & Murrieta-Rico, F. N. (2020). Facile zinc oxide nanoparticle green synthesis using *Citrus reticulata* extract for use in optoelectronic sensors. *IEEE Sensors Journal*.
9. Martínez-Rosas, M. E., Garrafa-Gálvez, H. E., Nava, O., Murrieta-Rico, F. N., Chinchillas-Chinchillas, M. J., Carrillo-Castillo, A., & Luque, P. A. (2021). Electrochemical impedance characterization of ZnO semiconductor nanoparticles biosynthesized with *Verbascum thapsus*. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 1-10.
10. Murrieta-Rico, F. N., Petranovskii, V., Galván, D. H., Sergiyenko, O., Antúnez-García, J., Yocupicio-Gaxiola, R. I., & de Dios Sanchez-Lopez, J. (2020, June). Phase effect in frequency measurements of a quartz crystal using the pulse coincidence principle. In 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE) (pp. 185-190). IEEE.
11. Murrieta-Rico, F. N., Petranovskii, V., Sergiyenko, O., Grishin, M., Sarvadii, S., de Dios Sanchez-Lopez, J., Nieto-Hipolito, J. I., Galván, D. H., Antúnez-García, J. & Yocupicio-Gaxiola, R. I. (2021). QCM modified with FAU zeolite nanostructures for analysis of temperature induced adsorbed mass changes. *Measurement*, 172, 108935.

12. Nava, O., Murrieta-Rico, F. N., Martínez-Rosas, M. E., Chinchillas-Chinchillas, M. J., Garrafa-Galvez, H. E., Vilchis-Nestor, A. R., & Luque, P. A. (2020). Evaluation of electrochemical properties of zinc oxide based semiconductor nanoparticles biosynthesized with *Mentha spicata* for optoelectronic applications. *Materials Letters*, 275, 128101
13. Sauerbrey, G. J. Z. P. (1959). The use of quartz oscillators for weighing thin layers and for microweighing. *Z. Phys.*, 155, 206-222.
14. Zheng, R., Meng, X., Wang, S., & Lv, Y. (2012, September). Computation of Equivalent Circuit Parameters of QCM and Evaluation of the Measurement Uncertainties. In 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (pp. 1919-1922). Atlantis Press.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL IT DE ZACATEPEC

J.G. Ayala Rangel<sup>1</sup>, M.A. Chagolla-Gaona<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento metalmeccanica Instituto Tecnológico de Zacatepec-[jose.ar@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.ar@zacatepec.tecnm.mx)  
Calzada Tecnológico No. 27 Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [miguel.cg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:miguel.cg@zacatepec.tecnm.mx)

Área de participación: (IEM) SISTEMAS ELECTROMECCANICOS.

**Resumen:** En este trabajo se instaló y se puso en marcha un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica con el que se realizó una evaluación de la variación de generación de potencia del sistema fotovoltaico con relación a la energía solar incidente sobre la superficie, para lo cual se instaló una estación meteorológica automática en el sitio. Se determinó que en el mes de abril es cuando se recibe mayor energía solar con 7.24 kW/m<sup>2</sup> (promedio diario mensual), el mes con menor energía solar es diciembre con 4.47 kW/m<sup>2</sup>, lo que representa una disminución aproximada del 40%. En cuanto a la generación neta considerando el área de paneles de 19.44 m<sup>2</sup>, con una eficiencia de fábrica de los colectores de 15.37% y del inversor del 96.2% se obtiene un rendimiento global promedio aproximado del 14.2%. En cuanto a la generación de energía en abril se generó un promedio diario de 20.11 kWh y en diciembre se produjeron 12.92 kWh, teniendo una diferencia de 7.19 kWh promedio diario. En general al calcular un sistema fotovoltaico se toman promedios anuales de radiación solar lo que puede ocasionar un diseño inadecuado de los sistemas fotovoltaicos, este trabajo aporta información sobre la generación de energía a través de celdas fotovoltaicas con datos reales de radiación solar en la zona sur del Estado de Morelos.

### Introducción.

Debido al rápido crecimiento económico y poblacional la demanda de energía a nivel mundial en los últimos años ha aumentado 2.3%, resultando en el aumento de un 1.7% de las emisiones de CO<sub>2</sub> [1]. La Agencia Internacional de Energía ha informado que la demanda mundial de electricidad ha experimentado el ritmo de crecimiento más rápido desde 2010, con un incremento de 4% en 2018. En consecuencia, debido a los impactos ambientales negativos de esta alta demanda de electricidad y el uso continuo de fuentes de energía tradicionales como los combustibles fósiles, se ha adoptado el uso alternativo de fuentes renovables como la energía solar, eólica, etc. En el caso de la energía solar fotovoltaica se ha experimentado un crecimiento en su uso por la reducción en el costo del Watt pico (Wp) por panel, debido a los avances tecnológicos y a las condiciones del mercado. De 2012 a 2017, se redujo el costo de instalación de sistemas fotovoltaicos en al menos diez veces [2], esta reducción ha establecido a la tecnología fotovoltaica como una opción clave para implementar la transición a un suministro de energía limpia y sin emisiones de CO<sub>2</sub>. La energía solar de la que se puede hacer uso es de alrededor del 51%, de la energía que directamente alcanza a la tierra desde el sol [3], considerando pérdidas de energía solar debido que a una parte es reflejada y otra absorbida por la atmósfera [4]. El efecto fotovoltaico describe la capacidad de un material (un semiconductor) para producir electricidad de corriente continua (CC) cuando es expuesto a la radiación solar, existen diferentes tipos de tecnologías de materiales disponibles, sin embargo, comercialmente, la placa de silicio cristalino es comúnmente el más usado. Este tipo de tecnología fotovoltaica está hecha de silicio (Si) y tiene una eficiencia de conversión de ~18%–23%, el silicio monocristalino es un tipo de silicio cristalino, que

cuenta con la mayor eficiencia en términos de conversión de energía, sin embargo, es relativamente caro de fabricar. El silicio amorfo o silicio de película delgada, es menos eficiente comparado con el silicio cristalino (con un coeficiente de conversión ~12%), sin embargo, puede ser usado en sistemas que requieran películas delgadas [5]. Para optimizar el diseño de un sistema fotovoltaico, muchos de los factores deben incorporarse en el cálculo, por ejemplo deben tomarse en cuenta las condiciones ambientales y el ensamble del equipo en el sistema (módulos fotovoltaicos, inversores, cargas, cableado eléctrico, etc.) [6]. En el caso del clima, debido a que la radiación solar es el parámetro climático más influyente en la generación de energía solar es importante conocer la relación de este parámetro con la generación de energía en la zona específica donde se pretende utilizar el sistema fotovoltaico [7]. En el presente trabajo se reporta la relación de la radiación solar con la generación de energía eléctrica de un sistema fotovoltaico en la zona sur del Estado de Morelos, lo que sirve como un referente para cuantificar la posible obtención de energía eléctrica en la región.

## **Sección Experimental.**

### ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Es de gran importancia contar con los datos de la radiación solar incidente sobre la superficie del colector solar, puesto que es la energía de la cual depende la generación de electricidad. Con la finalidad de disponer de datos adecuados sobre la radiación solar, se instaló una estación meteorológica automatizada (EMA), la cual está compuesta de módulos compactos instalados a una altura de 2 m. Está fabricada de acero inoxidable y cuentan con algunos componentes plásticos, el peso de la estación con sensores incorporados es aproximadamente de 200 kg. Tiene un panel solar de 12 W y una batería de 5 Ah/12V que suministra la energía necesaria para el funcionamiento autónomo de la unidad, por lo que tiene la capacidad de coleccionar información meteorológica de forma automática y en tiempo real de forma remota. El radio de influencia de la EMA es en promedio de 5 km dependiendo de la topografía. En la Figura 1 se muestra una EMA instalada en campo, que cuenta con un adquiridor de datos y cinco sensores capaces de medir las variables climatológicas de temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, radiación solar global, velocidad y dirección del viento. En este caso nos interesa conocer principalmente la radiación solar, la unidad cuenta con un Piranómetro marca VAISALA modelo QMS101, el cual funciona por medio de un fotodiodo que genera un voltaje de salida proporcional a la radiación de entrada. La estación registra la información obtenida por medio de los sensores y la envía hacia un adquiridor de datos marca VAISALA modelo AWS Logger QML201. El software utilizado por el adquiridor de datos es MAWS Lizard V 5.0, el cual programa y controla los parámetros de operación de la estación, da formato a los datos de clima para su fácil manejo, realiza operaciones de conversión de unidades y permite la configuración de nuevos dispositivos.





Figura 1.- Estación meteorológica automática.

En la Tabla 1 se puede observar el formato que se le da a los datos obtenidos de la EMA para obtener los promedios horarios. Se presentan los promedios horarios correspondientes para cada variable climatológica y su unidad de medida. Los datos de radiación solar global diaria es el resultado de la suma de los promedios horarios del día. Para obtener la radiación solar mensual se promedia la radiación total diaria del mes.

Tabla 1.- Formato de datos meteorológicos.

HORA	Dir deg	Avg Vel. kph	AvgTemp C	AvgRh %	AvgBP mbar	Rain mm	SR W/m <sup>2</sup>
00:00	64	4.6	23.5	36	865	0	0.0
01:00	24	6.9	22.6	39	865	0	0.0
02:00	12	6.6	21.3	42	865	0	0.0
03:00	70	5.5	20.0	46	865	0	0.0
04:00	27	8.6	19.8	47	865	0	0.0
05:00	29	7.8	19.4	47	866	0	2.7
06:00	25	8.7	18.7	49	867	0	109.0
07:00	279	6.2	19.2	49	867	0	333.0
08:00	45	6.1	24.0	43	868	0	559.3
09:00	166	7.9	26.7	43	868	0	746.3
10:00	168	9.0	27.9	39	868	0	858.8
11:00	207	9.1	29.0	37	868	0	906.2
12:00	217	9.5	30.4	34	867	0	899.0

## PANELES FOTOVOLTAICOS

Se instalaron 12 módulos conectados en serie marca SOLARTEC modelo S60MC-250W, este es un módulo monocristalino de 60 celdas solares tiene una eficiencia del 15.37%. Sus medidas son 1.64 m de largo por 0.99 m de ancho, lo cual resulta un área de utilización de 1.62 m<sup>2</sup> por cada panel. En total el área de celdas fotovoltaicas tiene una superficie de 19,44 m<sup>2</sup>, el arreglo se presenta en la Figura 2. Teóricamente cada módulo genera 250 Wp, debido a están conectados en serie, de acuerdo a la generación calculada se necesita de un inversor de 3000 Wp.



Figura 2.- Arreglo físico de los paneles fotovoltaicos.

A la salida del conjunto fotovoltaico se obtiene corriente directa, por lo que se necesita de un inversor para convertirla a corriente alterna y así poder suministrarla a la red, para lo cual se utilizó un inversor marca Fronius modelo IG Plus V 3.0, los voltajes mínimo y máximo de operación son de 230 a 500 V respectivamente con una eficiencia del 96.2%, factor de potencia 1 y una frecuencia de 60 Hz. Estos sistemas son conectados a la red, no necesitan un sistema de almacenamiento. Si la generación es mayor a la demanda se envía a la red, pero si la generación es menor a la demanda, el faltante se obtiene de la red, se requiere un inversor de interconexión (sincronizado a la red) que automáticamente sincronice su frecuencia con la de la red.

Los módulos fotovoltaicos están orientados hacia el sur, con una inclinación con respecto a la horizontal de  $20^\circ$ , en la Figura 3 se muestran los componentes del conjunto fotovoltaico.

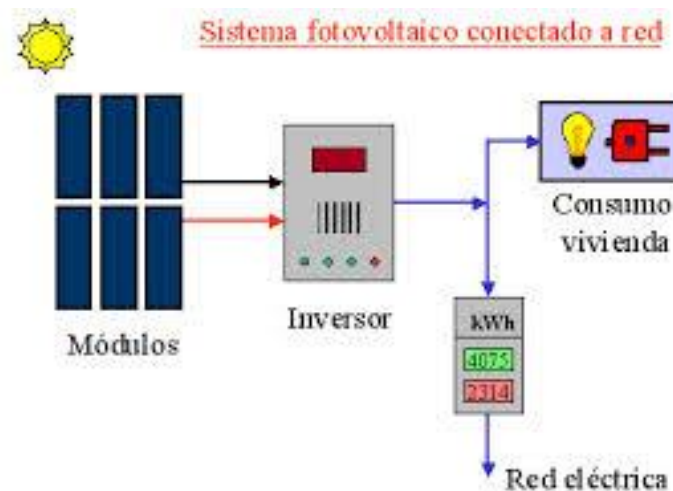


Figura 3.- Arreglo de un sistema interconectado a la red.

## SISTEMA ADQUISIDOR DE DATOS

Es un software para la grabación de archivos y análisis de datos del sistema en una computadora, se utiliza para el análisis integral y visualización de los datos de rendimiento del sistema mediante diagramas claros y específicos, puede configurar los parámetros de todos los componentes del software. Los mensajes de servicio o informes energéticos son enviados a través de correo electrónico. Los datos del sistema guardados en el registro de datos se transmiten automáticamente al software a intervalos regulares, en la Figura 4 se muestra una imagen del software.



Figura 4.- Portal solar web.

Se utilizó el software Google Sketchup para simular el efecto de sombras producidas por arboles u otros elementos en el transcurso de un año. Con lo cual se determinó el sitio más adecuado para colocar el sistema, en la Figura 5 se muestra el modelo utilizado.



Figura 5.- Modelación del efecto de sombreado.

### Resultados y Discusión.

Se tiene una relación directa entre la energía solar incidente y la producción de energía eléctrica de los paneles fotovoltaicos. En la Figura 6 se muestran los valores de radiación diaria para el mes de abril, que es cuando se presenta una mayor ganancia de radiación solar, la cual es de 7.24 kW promedio diario mensual. En la Figura 7 se muestran los valores de radiación solar incidente para el mes de diciembre, presentando un promedio diario mensual de 4.47 kW, que es un 38.25% menos.

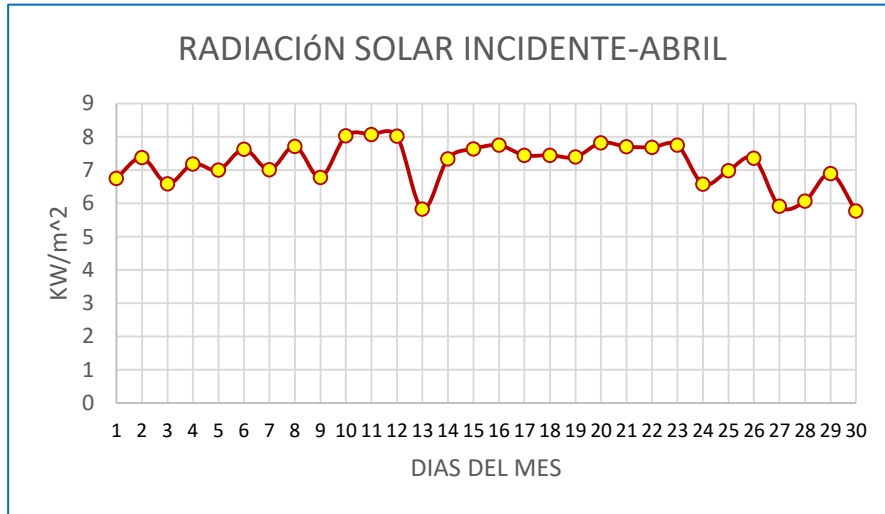


Figura 6.- Radiación solar incidente en el mes de abril.

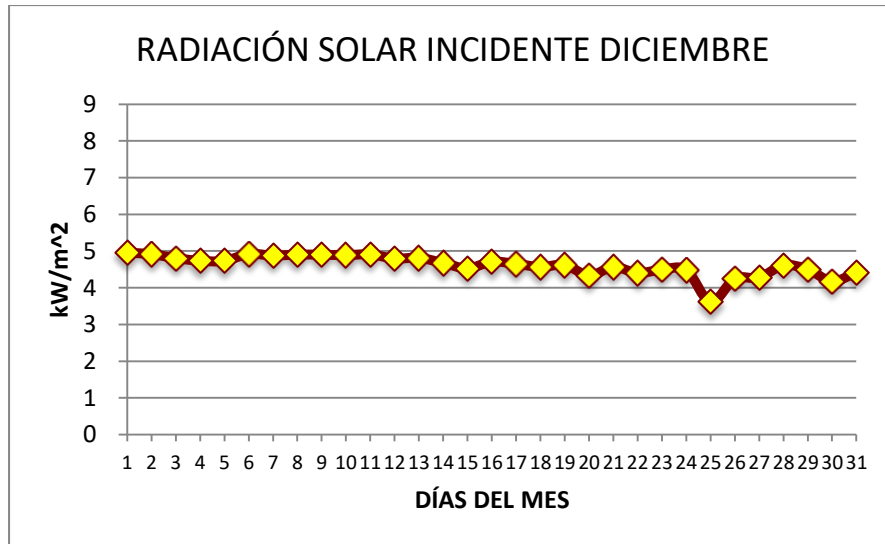


Figura 7.- Radiación solar incidente en el mes de diciembre.

En la Figura 8 se muestra la energía generada por el sistema de celdas fotovoltaicas en el mes de abril, que corresponde a un rendimiento global promedio aproximado del 14.2%, con un promedio diario de 20.11 kWh. En la Figura 9 se muestra la energía generada en el mes de diciembre, donde se producen 12.92 kWh promedio diario.

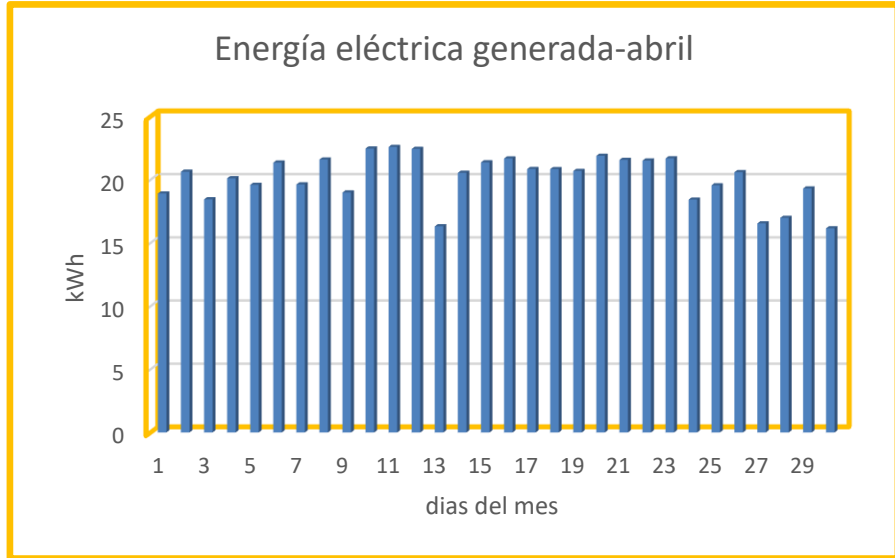


Figura 8. Generación de energía eléctrica en el mes de abril.

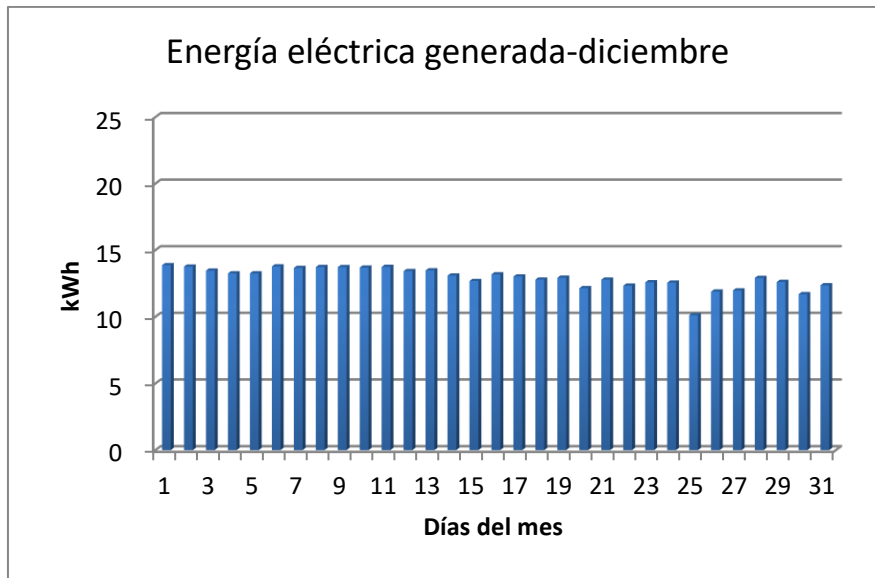


Figura 9. Generación de energía eléctrica en el mes de diciembre.

## Conclusiones.

De los resultados obtenidos podemos concluir que existe una gran variación de la radiación solar en esta zona durante el año, aproximadamente del 40%, lo que incide de manera directa en la generación de potencia eléctrica fotovoltaica. Esta variación debe tomarse en cuenta cuando se pretenda calcular y diseñar una instalación de este tipo en la región.

## Referencias

1. IEA, Global Energy & CO<sub>2</sub> status Report 2019, Paris: IEA, 2019.
2. Pawluk, R.E., Chen, Y., She, Y., 2019. Photovoltaic electricity generation loss due to snow – A literature review on influence factors, estimation, and mitigation. *Renew Sustain Energy Rev* 107, 171–182.
3. Watjanatepin, Napat, 2010. Installation of Photovoltaic Power System. Pathum Thani.
4. Abd El-Basit, W., Abdel-Maksooud, A.M., Kamh, S.A., Soliman, F., 2015. New
5. Investigation on the Applications and Computer Simulation of Photovoltaic Cells and Storage Systems.
6. Ferry, R., Monoian, E., 2012. A Field Guide to Renewable Energy Technologies.
7. Land Art Generator Initiative.
8. Narkwatchara P., Ratanatamskul C., Chandrachai A., 2020. Effects of particulate matters and climate condition on photovoltaic system efficiency in tropical climate región, *Energy Reports* 6, 2577-2586.
9. Hallal J., Hammoud M., Moussa T., 2020. Experimental optimization of the Si photovoltaic panels cooling system on maximum allowable temperature criteria, *Renewable Energy Focus* 35, 178-181.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



# COMPARACIÓN DE LA CARGA COMPUTACIONAL DE VARIANTES DEL MÉTODO DE NEWTON-RAPHSON PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE FLUJO DE POTENCIA

J. D. Mina-Antonio<sup>1</sup> y A.C. Pérez-Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Electrónica del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico – [jesus.ma@cenidet.tecnm.mx](mailto:jesus.ma@cenidet.tecnm.mx) <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [alejandro.pf@zacatepec.tecnm.mx](mailto:alejandro.pf@zacatepec.tecnm.mx)

*Área de participación: Sistemas Electromecánicos*

**Resumen:** Uno de los aspectos más importantes en la administración de energía en redes eléctricas es la resolución del Problema de Flujo de Potencia (PFP). Entre los retos por atender, se encuentran las redes con grandes números de nodos, la existencia incremental de fuentes de generación distribuida y la necesidad de administración de energía en sistemas computacionales embebidos. Motivados en resolver PFP con sistemas embebidos, en este trabajo se estudia la carga computacional de dos variantes del conocido procedimiento de Newton-Raphson: la formulación basada en discordancia de potencia y la formulación basada en discordancia de corriente. Se analiza el desempeño de los programas de flujo de potencia de las variantes en un escenario de planificación de despacho eléctrico para el día siguiente, bajo los criterios: tiempo de ejecución, número de cálculos y precisión del resultado. Los resultados de las pruebas realizadas sugieren que la variante de discordancia de potencia resulta más adecuada para resolver PFP en sistemas embebidos.

## Introducción.

El Problema de Flujo de Potencia (PFP) es un problema bien conocido en el campo de ingeniería de sistemas de potencia [1]. En este problema se desea encontrar las magnitudes y ángulos de voltaje para un grupo de buses, dados los niveles de potencia inyectados en los buses y suponiendo conocido un modelo de la configuración topológica de la red. Hoy en día, PFP se reconoce ampliamente como un problema para el análisis de sistemas de potencia y es fundamental en escenarios como la planificación de la operación, el despacho eléctrico y la administración de energía [2].

PFP es fundamentalmente un problema de análisis de redes y son varios los componentes que están involucrados en su resolución. Un procedimiento de solución de flujo de potencia es un método numérico que se emplea para resolver PFP. Un programa de flujo de potencia es un código de computadora que implementa un procedimiento de solución de flujo de potencia. La solución del flujo de potencia contiene las magnitudes y ángulos de los voltajes en los buses de la red analizada con los cuales pueden calcularse las potencias generadas o consumidas en los buses y los flujos de potencia activa y reactiva entre los nodos de la red.

En la actualidad, existen varios programas de flujo de potencia bastante avanzados y de grado comercial que implementan distintos procedimientos de solución para escenarios de complejidad variable. Así, algunos programas de flujo de potencia están orientados a sistemas de gran escala [3-4] mientras que otros están orientados a redes con

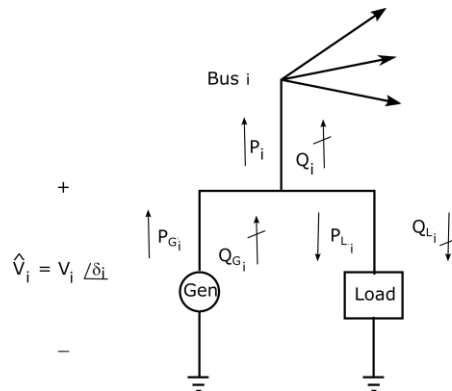
generadores eléctricos distribuidos de naturaleza variable [5-6]. Sin embargo, las alternativas actuales requieren computadoras potentes para su uso. Esto está justificado ampliamente para sistemas de gran escala. La motivación principal de este trabajo es el desarrollo de un programa de flujo de potencia en sistemas embebidos de baja potencia computacional, orientado a aplicaciones en redes de baja escala con generación distribuida. En ese propósito, resulta necesario determinar un procedimiento de solución del flujo de potencia de baja carga computacional.

Aquí se estudian dos variantes del procedimiento de Newton-Raphson. Primero se estudia el fundamento del método numérico. Después, se prueba el desempeño de los respectivos programas de flujo de potencia. Se finaliza con una comparativa del desempeño empleando los criterios de tiempo de ejecución, número de cálculos y precisión de la solución.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

#### A. Procedimiento de Newton-Raphson para PFP

El punto de inicio para resolver PFP es el diagrama de línea del sistema de potencia dónde se encuentran los datos de entrada, los datos de los buses y los datos de la inyección o consumo de potencia eléctrica. En referencia a la Figura 1, se asocian cuatro variables con un determinado bus  $i$ : magnitud de voltaje ( $V_i$ ), ángulo de fase de voltaje ( $\delta_i$ ), potencia activa ( $P_i = P_{G_i} - P_{L_i}$ ) y potencia reactiva ( $Q_i = Q_{G_i} - Q_{L_i}$ ), donde los subíndices  $g$  indican potencia inyectada o generada en el bus  $i$  y los subíndices  $L$  indican potencia consumida en ese bus.



**Figura 15. Variables asociadas a cada bus de una red eléctrica.**

En cuanto a las conexiones entre buses, cada conexión o *línea* se representa por una conductancia  $G$  y una susceptancia  $B$  en valores por unidad. Con esta información se construye la matriz de admitancia de los buses ( $Y_{bus}$ ).

Empleando las leyes de circuitos de Kirchhoff y la matriz de admitancia de la red, las ecuaciones nodales de la red de potencia se escriben como:

$$I_i = \sum_{k=1}^N Y_{ik} V_k, i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

donde  $I_i$  es la corriente inyectada en el bus  $i$ ,  $Y_{ik} = G_{ik} + jB_{ik}$  es la admitancia de la conexión entre los buses  $i$  y  $k$ , y  $V_k$  es el voltaje presente en el bus  $k$ . De igual forma, las ecuaciones para PFP están dadas por:

$$S_i = P_i + jQ_i = V_i I_i^* = V_i [\sum_{k=1}^N Y_{ik} V_k]^* \quad (2)$$

donde  $S_i$  es la potencia compleja inyectada en el bus  $i$  e  $I_i^*$  es el complejo conjugado de la corriente de (1), inyectada en el bus  $i$ .

Matemáticamente, la solución de PFP es equivalente a la resolución de un sistema no lineal de ecuaciones donde todas las variables son números complejos. El método de Newton-Raphson se emplea para resolver un sistema no lineal de ecuaciones  $y(x) = 0$ . En el método, se linealiza el problema y se construye una ecuación con matriz Jacobiana:

$$y(x) = -\Delta x J(x) \quad (3)$$

donde  $\Delta x$  es el vector de corrección y  $J(x)$  es la matriz cuadrada Jacobiana obtenida a partir de:

$$J_{ik} = \frac{\partial y_i(x)}{\partial x_k} \quad (4)$$

El método de Newton-Raphson permite determinar un vector solución  $x_{j+1}$  a partir de un vector inicial  $x_j$ , donde  $j = 1, 2, 3, \dots$  es la  $j$ -ésima iteración a la aproximación de  $x$  a partir de:

$$x_{j+1} = x_j + J_j^{-1}(y_{j+1} - y_j) \quad (4)$$

El propósito es que el vector  $x_{j+1}$  converja a la solución de PFP en el menor número de iteraciones con la menor norma residual:

$$|x_{j+1} - x_j| \quad (5)$$

### B. Variante de Discordancia de Potencia

En la variante de Discordancia de Potencia, los vectores  $x$  y  $y$  toman la forma:

$$y_i = \begin{bmatrix} \Delta P_i \\ \Delta Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_i^{sp} - \sum_{k=1}^N |V_k| |V_i| (G_{ik} \cos \delta_{ik} + B_{ik} \sin \delta_{ik}) \\ Q_i^{sp} - \sum_{k=1}^N |V_k| |V_i| (G_{ik} \sin \delta_{ik} - B_{ik} \cos \delta_{ik}) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$x_i = \begin{bmatrix} \Delta \delta_i \\ \Delta |V_i| \end{bmatrix} \quad (7)$$

para buses con inyección o consumo de energía. Es importante identificar en (6) que los valores  $P_i^{sp}$  y  $Q_i^{sp}$  son valores de potencia inyectada o consumida especificados para el bus  $i$ . Así, (3) puede reescribirse como:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} J^{11} & J^{12} \\ J^{21} & J^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (8)$$

donde todas las submatrices de la matriz Jacobiana de (8) se calculan empleando:

$$J^{11} = \frac{\partial \Delta P}{\partial \delta}, J^{12} = \frac{\partial \Delta P}{\partial |V|}, J^{21} = \frac{\partial \Delta Q}{\partial \delta} \text{ and } J^{22} = \frac{\partial \Delta Q}{\partial |V|} \quad (9)$$

### C. Variante de Discordancia de Corriente

En la variante de Discordancia de Corriente, los vectores  $x$  y  $y$  toman la forma:

$$y_i = \begin{bmatrix} \Delta I_i^r \\ \Delta I_i^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{P_i^{SP} \cos \delta_i + Q_i^{SP} \sin \delta_i}{|V_i|} - \sum_{k=1}^N |V_k| (G_{ik} \cos \delta_k - B_{ik} \sin \delta_k) \\ \frac{P_i^{SP} \sin \delta_i - Q_i^{SP} \cos \delta_i}{|V_i|} - \sum_{k=1}^N |V_k| (G_{ik} \sin \delta_k + B_{ik} \cos \delta_k) \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$x_i = \begin{bmatrix} \Delta \delta_i \\ \Delta |V_i| \end{bmatrix} \quad (11)$$

para buses con inyección o consumo de energía. Al igual que antes, los valores  $P_i^{SP}$  y  $Q_i^{SP}$  son valores de potencia inyectada o consumida especificados para el bus  $i$  y en este caso (3) puede reescribirse como:

$$\begin{bmatrix} \Delta I^r \\ \Delta I^m \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} J^{11} & J^{12} \\ J^{21} & J^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (12)$$

donde  $I^r$  e  $I^m$  son las componentes real e imaginaria de la corriente inyectada. Todas las submatrices de la matriz Jacobiana de (12) se calculan empleando:

$$J^{11} = \frac{\partial \Delta I^r}{\partial \delta}, J^{12} = \frac{\partial \Delta I^r}{\partial |V|}, J^{21} = \frac{\partial \Delta I^m}{\partial \delta} \text{ and } J^{22} = \frac{\partial \Delta I^m}{\partial |V|} \quad (13)$$

La Tabla 1 contiene la expansión de las submatrices de la matriz Jacobiana para (9) y (13), expresando los números complejos en coordenadas polares.

**Tabla 1. Derivadas parciales de para Discordancia de Potencia y Discordancia de Corriente.**

Jacobiano en Discordancia de Potencia $J_{ik} = \frac{\partial y_i(x)}{\partial x_k}$	Jacobiano en Discordancia de Corriente $J_{ik} = \frac{\partial y_i(x)}{\partial x_k}$
$\frac{\partial \Delta P_i(x)}{\partial  V_k } = - V_i (G_{ik} \cos \delta_{ik} + B_{ik} \sin \delta_{ik})$ $\frac{\partial \Delta Q_i(x)}{\partial  V_k } = - V_i (G_{ik} \sin \delta_{ik} - B_{ik} \cos \delta_{ik})$ $\frac{\partial \Delta P_i(x)}{\partial \delta_k} = - V_i  V_k (G_{ik} \sin \delta_{ik} - B_{ik} \cos \delta_{ik})$ $\frac{\partial \Delta Q_i(x)}{\partial \delta_k} = - V_i  V_k (-G_{ik} \cos \delta_{ik} - B_{ik} \sin \delta_{ik})$	$\frac{\partial \Delta I_i^r(x)}{\partial  V_k } = -(G_{ik} \cos \delta_k - B_{ik} \sin \delta_k)$ $\frac{\partial \Delta I_i^m(x)}{\partial  V_k } = -(G_{ik} \sin \delta_k + B_{ik} \cos \delta_k)$ $\frac{\partial \Delta I_i^r(x)}{\partial \delta_k} =  V_k (G_{ik} \sin \delta_k + B_{ik} \cos \delta_k)$ $\frac{\partial \Delta I_i^m(x)}{\partial \delta_k} = - V_k (G_{ik} \cos \delta_k - B_{ik} \sin \delta_k)$
$\frac{\partial \Delta P_i(x)}{\partial  V_i } = -\left(2 V_i G_{ii} + \sum_{i \neq k}  V_k (G_{ik} \cos \delta_{ik} + B_{ik} \sin \delta_{ik})\right)$ $\frac{\partial \Delta Q_i(x)}{\partial  V_i } = -\left(2 V_i B_{ii} + \sum_{i \neq k}  V_k (G_{ik} \sin \delta_{ik} - B_{ik} \cos \delta_{ik})\right)$ $\frac{\partial \Delta P_i(x)}{\partial \delta_i} = -\sum_{i \neq k}  V_i  V_k (-G_{ik} \sin \delta_{ik} + B_{ik} \cos \delta_{ik})$ $\frac{\partial \Delta Q_i(x)}{\partial \delta_i} = -\sum_{i \neq k}  V_i  V_k (G_{ik} \cos \delta_{ik} + B_{ik} \sin \delta_{ik})$	$\frac{\partial \Delta I_i^r(x)}{\partial  V_i } = -(G_{ii} \cos \delta_i - B_{ii} \sin \delta_i) - \frac{P_i^{SP} \cos \delta_i + Q_i^{SP} \sin \delta_i}{ V_i ^2}$ $\frac{\partial \Delta I_i^m(x)}{\partial  V_i } = -(G_{ii} \sin \delta_i + B_{ii} \cos \delta_i) - \frac{P_i^{SP} \sin \delta_i - Q_i^{SP} \cos \delta_i}{ V_i ^2}$ $\frac{\partial \Delta I_i^r(x)}{\partial \delta_i} =  V_i (G_{ii} \sin \delta_i + B_{ii} \cos \delta_i) - \frac{P_i^{SP} \sin \delta_i - Q_i^{SP} \cos \delta_i}{ V_i }$ $\frac{\partial \Delta I_i^m(x)}{\partial \delta_i} = - V_i (G_{ii} \cos \delta_i - B_{ii} \sin \delta_i) + \frac{P_i^{SP} \cos \delta_i + Q_i^{SP} \sin \delta_i}{ V_i }$

### D. Algoritmo de Obtención de la Solución

Se inicia con un valor propuesto para  $x_{i_1} = \begin{bmatrix} \delta_{i_1} \\ |V_{i_1}| \end{bmatrix}$  en la iteración  $j = 1$ . Después se continúa con la secuencia iterativa:

1. Obtener  $y_{i_j}$  usando (6) o (10), dependiendo de la variante a emplear.
2. Obtener  $J_{i_j}$  empleando las expresiones respectivas de la Tabla 1.

3. Resolver con (4) para obtener  $x_{i_{j+1}} = \begin{bmatrix} \delta_{i_{j+1}} \\ |V_{i_{j+1}}| \end{bmatrix}$ .

Los pasos se procesan hasta que se obtiene convergencia, medida por la norma residual (5).

### Resultados y Discusión.

El algoritmo presentado en la Sección anterior se codificó como dos programas de flujo de potencia en lenguaje Python, respectivos a las dos variantes comparadas. Se implementó un escenario de simulación para la red de seis buses y tres generadores distribuidos de la Figura 2.

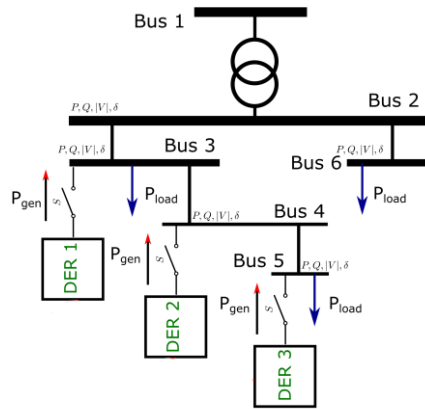


Figura 16. Diagrama de red eléctrica empleada para la simulación.

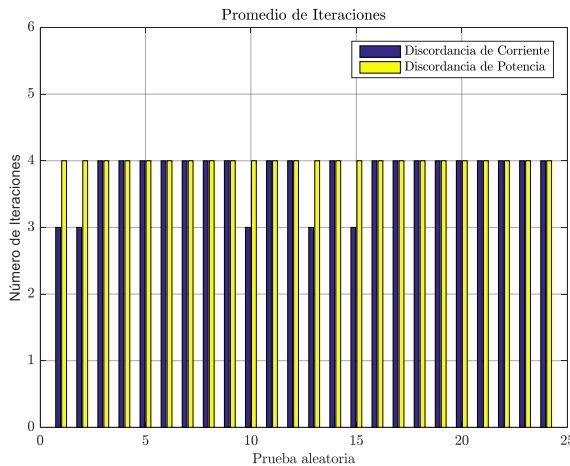


Figura 17. Comparativa del número de iteraciones promedio para alcanzar la solución de PFP.

Se probaron distintas combinaciones aleatorias de potencia para los generadores distribuidos y para la red de utilidad ( $P_i^{SP}$  y  $Q_i^{SP}$  en (6), (10) y matrices Jacobianas) y con ellas se ejecutaron los programas de flujo de potencia. La Figura 3 muestra una comparativa respecto al número promedio de iteraciones totales de la secuencia para

obtener la solución de PFP. Puede observarse que ambas variantes se comportan muy similar pero la variante de Discordancia de Corriente resuelve PFP con un menor número de iteraciones en ciertos casos. En la Figura 4 se muestra una comparativa basada en el criterio de la norma residual de las variantes. Se observa que la variante de Discordancia de Potencia ofrece la menor norma residual. Dicho de otra manera, los resultados sugieren que esta variante es más precisa.

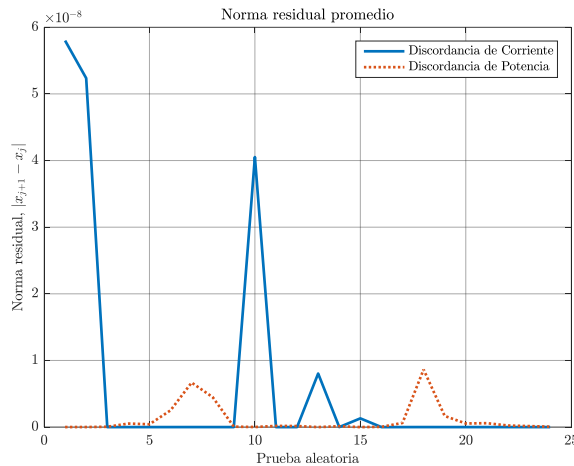


Figura 18. Norma residual promedio por variante de solución de PFP.

La Figura 5 compara las variantes en el criterio de tiempo promedio de la iteración. En este caso, se observan los menores tiempos para la variante de Discordancia de Potencia. Para la Figura 6, el tiempo promedio de la solución de PFP se compara entre ambas variantes. En esta Figura, se observa que la obtención de la solución es parecida en ambas variantes aunque se requiere ligeramente menor tiempo en la variante de Discordancia de Potencia.

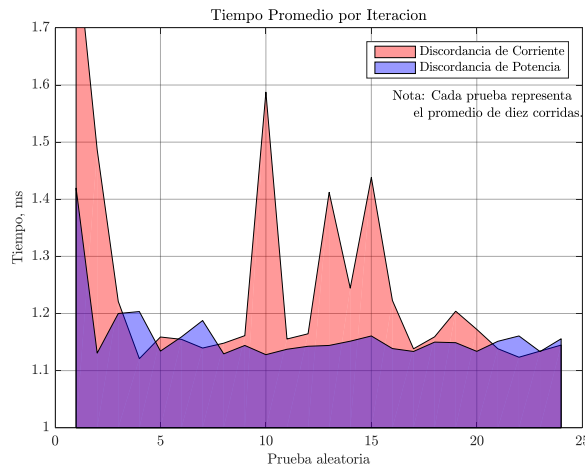


Figura 19. Tiempo promedio por iteración para las variantes de solución de PFP.



Con los criterios que aquí se han propuesto, los resultados descritos en las Figuras sugieren que la variante de Discordancia de Potencia resulta más adecuada para implementar en sistemas embebidos puesto que, aunque no se observa grandes ventajas en cuanto al número de iteraciones necesarias, si se observan un menor tiempo de ejecución y una menor norma residual.

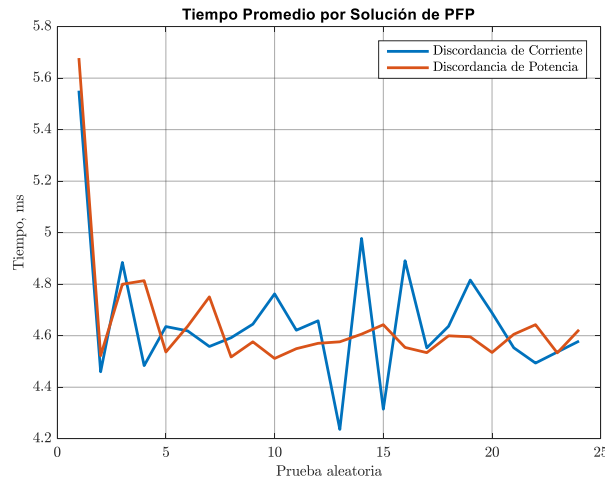


Figura 20. Tiempo promedio para resolver PFP en las variantes simuladas.

## Conclusiones.

En el presente trabajo, se buscó la comparación de dos variantes del procedimiento de Newton-Raphson para resolver PFP. El propósito principal ha sido identificar la variante adecuada para su implementación en sistemas embebidos con intención de aplicarlo como alternativa a los programas avanzados y de calidad comercial actuales. Así, luego de identificar las descripciones analíticas de las variantes y simular un escenario de red eléctrica con generación distribuida, los resultados bajo los criterios de menor tiempo de ejecución y menor norma residual sugieren que la variante de Discordancia de Potencia en forma polar resulta más adecuada que la variante de Discordancia de Corriente en forma polar para el propósito buscado.

## Referencias

1. M. Albadi, *Power Flow Analysis in Computational Models in Engineering*, IntechOpen, 2019, DOI: 10.5772/intechopen.83374.
2. J. Grainger and W. Stevenson, *Power System Analysis*. Ed. McGraw-Hill. New York, 1994, ISBN 0-07-061293-5.
3. E.P. Ladumor, I. N. Trivedi, R. H. Bhesdadiya, and P. Jangir, *A grey wolf optimizer algorithm for voltage stability enhancement*, in 2017 Third International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB), 2017, pp. 278–282.
4. T. F. Agajie, A. O. Salau, E. A. Hailu, M. Sood, and S. Jain, *Optimal sizing and siting of distributed generators for minimization of power losses and voltage deviation*, in 2019 5th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC), 2019, pp. 292–297.
5. T. Mühlpfordt, X. Dai, A. Engelmann, and V. Hagenmeyer, *Distributed power flow and distributed optimization - formulation, solution, and open-source implementation*, ArXiv, 2020, vol. abs/2011.10322.

6. Q. Peng and S. Low, *Distributed algorithm for optimal power flow on unbalanced multiphase distribution networks*, ArXiv: Optimization and Control, 2015.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## EL USO DE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE AGUA.

D. Terán-Castro<sup>1</sup>, L. A. Medina-Juarez<sup>2</sup> y O. Román-Rosales<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Egresada del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [danielateran04@gmail.com](mailto:danielateran04@gmail.com) <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [luis.mj@zacatepec.tecnm.mx](mailto:luis.mj@zacatepec.tecnm.mx) <sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [osca.rr@zacatepec.tecnm.mx](mailto:osca.rr@zacatepec.tecnm.mx)

*Área de participación: Manufactura esbelta y calidad*

**Resumen:** Actualmente, las empresas afrontan el gran reto de mantenerse activas y productivas ante las amenazas de la competencia y los problemas de salud pública; sobrevivir implica la búsqueda de alternativas para salir avante ante dicha situación, fortaleciéndonos en el proceso y desarrollando estrategias de resiliencia empresarial. Frente a este desafío, muchas compañías han decidido revalorar sus métodos de producción en la búsqueda de mejores técnicas de trabajo pues encontrar en los procesos internos una fuente de ventajas competitivas duraderas se ha revelado como una forma idónea para competir. En este tenor, las empresas dedicadas al procesamiento de alimentos y bebidas se han destacado como actividades básicas y su funcionamiento, esencial de facto, se ha visto revalorizado bajo los criterios de la nueva normalidad, sobresaliendo, por su propia naturaleza, los procesos de purificación y embotellamiento de agua como un bien de consumo habitual en los hogares a lo largo del país. Ante los paulatinos aumentos en el uso de agua potable y en el consumo del vital líquido y considerando las cantidades masivas de fabricación de botellas de contención que esto conlleva, los procesos implicados en esta operación se encuentran bajo escrutinio constante en miras a la mejora continua del mismo. En el presente artículo se especifica el proceso de estudio, detección y análisis de oportunidades de mejora realizadas en el área de producción de la planta de agua de la empresa Servicios Operativos Gepp S. de R.L. de C.V., dedicada al tratamiento, embotellamiento y distribución de agua para consumo.

### Introducción.

La identificación y cuantificación de las mermas de producción es una actividad muy importante para determinar la eficiencia de las maquinarias, del personal y de los procedimientos de una planta. Por ello, establecer criterios para su tipificación, medición y control es una labor primordial del profesional en ingeniería.

La merma es una variable que consiste en la pérdida física, tanto en volumen, peso o cantidad de las existencias de producto, ocasionadas por causas inherentes a su naturaleza o al proceso productivo, el cual, regularmente, se representa en términos de porcentaje. La disminución de la rentabilidad de una empresa resulta inevitable debido a las mermas. Las mermas no constituyen un aspecto negativo en el proceso productivo, pues son inherentes a él, pero deben controlarse pues representan un gasto financiero para la empresa. No debe suceder que las mismas sean mayores a las esperadas, porque en este caso se afectan los costos de producción. Toda empresa industrial debe analizar el comportamiento histórico de las mermas de cada uno de sus productos, para detectar si el rendimiento de producción no es el deseado, de tal manera que se puedan tomar las medidas oportunas (González et al, 2018).

Debido a lo anterior, es necesario realizar un seguimiento a los procesos de producción basado en los procedimientos de la empresa, cuidando que se cumplan cada uno de los parámetros establecidos, para que, de esta manera la merma de los productos pueda ser cuantificada.

El caso analizado en este artículo corresponde a Servicios Operativos Gepp S. de R.L. de C.V., cuya actividad principal es el embotellamiento y distribución de agua para consumo. Para esta empresa, el impacto económico que generan las mermas de producto representan un problema clave, comprometiendo, de manera importante, su nivel de servicio. Por tal razón, la mejora del proceso de producción partirá de la identificación de las áreas con mayor incidencia de problemáticas asociadas a la merma, con lo cual se dará la pauta para la búsqueda e implementación de solución a las situaciones que dan pie a dichos contratiempos a través del uso de herramientas básicas de ingeniería industrial.

### **Fundamento Teórico.**

En México la demanda de agua embotellada es inelástica, en otras palabras, pase lo que pase en la coyuntura económica o en los ingresos del hogar, el 91% de los mexicanos compra agua embotellada para su consumo (Montero, 2015). A raíz de lo anterior, en la última década, México se convirtió en el primer consumidor de agua embotellada por persona del planeta y representa el 13% de consumo global de ese producto. Cada año, el consumo promedio de agua embotellada se eleva a 243 litros por mexicano por lo que esta cifra conlleva un esfuerzo importante para el logro de los programas de producción correspondientes, bajo la premisa de la optimización de los costos de fabricación. Esta situación ha requerido de un análisis al interior de la organización en una búsqueda de áreas de oportunidad pues la reducción de costos es, a menudo, compleja técnicamente o requiere decisiones y cambios de cierta importancia que pueden ser esbozados en un principio, a partir del reconocimiento e identificación de los despilfarros, idea que fundamenta el enfoque JIT y Lean Manufacturing (Hirano, 2009).

Cuando se conoce lo anterior y se identifica el motivo por el cual se generan las mermas, es posible tomar acciones directas y obtener resultados de forma rápida; minimizando y controlando su impacto, por este motivo, es fundamental contar con información de manera oportuna, ágil y confiable. Cada organización suele estructurar sus procedimientos para llevar a cabo esta actividad de forma diferente y particularizada, para el caso presente se decidió integrar 4 puntos para la identificación y tratamiento del problema principal: 1) Diagnosticar mediante un análisis FODA, las características personales y de la empresa que se relacionen con el desarrollo del proyecto; 2) Realizar recorridos en la línea de producción de la planta de agua; 3) Identificar las áreas del proceso en donde se genera las mermas y sus causas, mediante la utilización de herramientas básicas de ingeniería; 4) Elaborar un registro de las mermas producidas y diseñar estrategias para la mejora.

Las herramientas utilizadas en el punto 3 de esta estrategia fueron seleccionadas a partir de las propuestas de Kaoru Ishikawa dentro de las denominadas 7 herramientas básicas para de la calidad, mismas que, aplicadas de la manera precisa, pueden contribuir a la

identificación y eliminación de hasta el 95% de los problemas de calidad de una empresa (Suárez, 2007). Si consideramos, además, que el uso de estas herramientas no requiere de conocimientos especializados para su aplicación, podremos ponderar la elección de las mismas por sobre otras empleadas para los mismos fines (López, 2016). En lo particular, se hizo uso del diagrama de proceso de flujo, el diagrama de causa-efecto y el diagrama de Pareto, mismos que en conjunto nos permitirán un panorama amplio de la situación actual en vistas al mejoramiento.

## Resultados y Discusión.

Como primer paso, se realizó una tabla de análisis FODA (ver tabla 1) para lograr identificar las características de la empresa. Dicha herramienta permite diagnosticar la situación estratégica en que se encuentra una empresa, organización, institución o persona. No existe una guía para saber cuándo debe una empresa o una persona hacer un análisis FODA pero se considera que podría ser útil al inicio de un nuevo proyecto (Sánchez, 2020).

Tabla 1 Matriz FODA.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dominio de software computacional</li> <li>- Personal capacitado en estrategias de ingeniería.</li> <li>- Conocimiento general sobre herramientas de calidad.</li> <li>- La empresa cuenta con equipo actualizado y especializado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liderazgo en el mercado</li> <li>- Alta demanda del producto.</li> </ul>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran cantidad de defectos presentes.</li> <li>- Constantes paros de línea.</li> <li>- Alta rotación de personal.</li> <li>- Incapacidades.</li> <li>- Equipo fuera de servicio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto nivel de competencia.</li> <li>- Competencia ofrece menores precios.</li> <li>- Saturación de la red de distribución.</li> </ul>

En el análisis anterior es posible identificar en las fortalezas, la base sobre la cual se desarrolla la estrategia de mejora, la existencia de un conocimiento firme sobre el cual cimentar la identificación y reducción de las situaciones problema, mismas que se esbozan en las debilidades encontradas en primera instancia.

Interesados en generar ahorros y en disminuir los defectos de calidad para poder enfrentar la competencia, los directivos de la empresa señalaron la gran cantidad de merma como uno de los problemas principales a ser atendidos, ubicando su principal incidencia en la línea 2 de producción y en el proceso de preforma dado al incremento significativo del mismo en meses previos.

Una vez determinado el problema al cual enfocarnos, se procede a realizar el recorrido por la línea de producción para familiarizarnos con el proceso. El layout correspondiente se muestra en la figura 1.

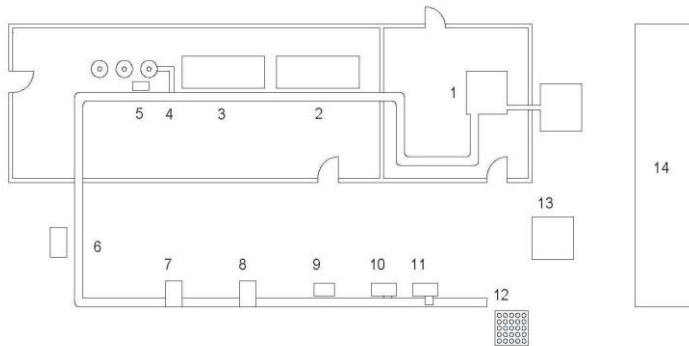


Figura 1. Layout de la línea de producción principal.

En la línea de producción se identificaron 14 puntos principales, a saber: 1) Soplado, 2) Llenado, 3) Enjuague, 4) Nitrogenado, 5) Tapado, 6) Etiquetado, 7) Sellado, 8) Encogimiento, 9) Colocación de asa, 10) Codificación, 11) Unión de asa, 12) Estibado, 13) Embalaje y 14) Almacenamiento.

Posteriormente y en colaboración con las áreas de calidad, mantenimiento y producción, se elaboró un diagrama de Ishikawa para el problema de la merma de preforma mediante el método de las 6M, mostrando su posible procedencia. Asimismo, se han añadido los “por qué” de tales causas (ver figura 2).

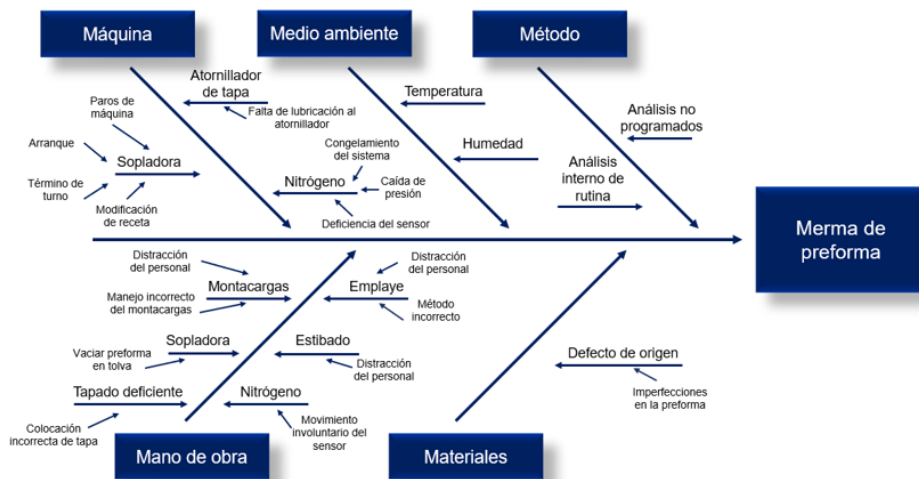


Figura 2. Diagrama de Ishikawa.

Con el análisis de las posibles causas in situ, y estableciendo las fuentes de la merma durante un periodo de 3 meses y para un total de 2480 incidencias, podemos establecer las categorías de despilfarro más comunes apoyados en el principio de Pareto (ver figura 3).



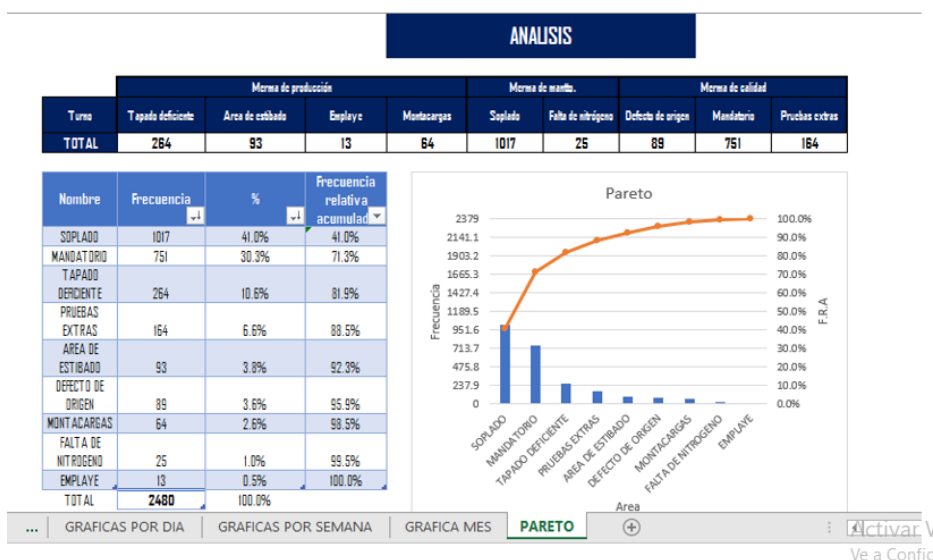


Figura 3. Diagrama de Pareto.

De acuerdo a las gráficas obtenidas, el área de soplado es donde más merma de preforma se genera y que se deben elaborar planes de acción para disminuirla. En ese momento, la causa principal de las incidencias aún se desconoce, puesto que hay varias posibilidades para su ocurrencia; por consiguiente, se procede a indagar con los técnicos de mantenimiento sobre el origen de los problemas en el área de soplado. Analizando los registros históricos de 4 meses anteriores con los técnicos se logra establecer una clasificación de cada incidencia a la causa que pertenece (ver tabla 2).

Tabla 2. Incidencias de la merma en la sopladora.

	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Vacío en tolva	36	3	12	10	61
Arranque	24	26	28	26	104
Término	24	26	28	26	104
Modificación de receta	223	301	362	136	1022
Paros de máquina	543	327	587	247	1704
<b>Total</b>	<b>850</b>	<b>683</b>	<b>1017</b>	<b>445</b>	

En la tabla anterior se puede observar que la causa de mayor merma es cuando ocurren paros de máquina, seguido de la modificación de receta. De igual forma, se puede observar que se produce merma al arranque y al término de turno. En menor incidencia, se presenta merma al vaciar preformas a la tolva de la sopladora. En última instancia y en concordancia con los 4 puntos definidos al inicio del análisis, una vez que se identifican las situaciones que ocasionan la situación problema se establece en conjunto con los técnicos una tabla de acciones para el establecimiento de las condiciones de inicio cuya observación general por parte de operadores y personal en contacto con los sistemas de operación, reducirá la problemática principal y constituirán las estrategias para la mejora continua (observar la tabla 3).

Tabla 3. Tabla de acciones remedio.

No.	Problema	Acciones para la mejora.
1	Vacío en tolva	El operador descarga gaylord (1400 o 1800 unidades según proveedor) en tolva de sopladora, verificando que la misma se abastezca al límite indicado. Deberá hacerse una estricta observación de los ciclos de trabajo de la máquina.
2	Merma al arranque de la máquina	Realizar precalentamiento de la máquina sopladora (ajustar la temperatura en base a tipo de preforma y a las condiciones del ambiente).
3	Merma al término de la operación	Ajustar los tiempos de operación de la máquina sopladora para evitar que la misma cese su funcionamiento antes de soplar todas las preformas cargadas.
4	Modificación de la receta	Establecer los planes de capacitación correspondientes para los operadores indicando las pautas para el desarrollo de cada receta (identificada adecuadamente en referencia al material ofrecido por cada proveedor. Desarrollar y dar seguimiento al manual de procedimientos de trabajo.
5	Paros de máquina	Integrar y dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo para evitar las dos principales causas de esta situación: fallas eléctricas y fallas internas de la sopladora ocasionadas por fuga de aire.

## Conclusiones.

De acuerdo con lo expresado en los puntos previamente desarrollados, y luego de identificar las principales problemáticas que genera el exceso de merma en el área de producción, se definieron las propuestas de mejora y se establecieron las condiciones generales para su aplicación futura, en el entendido de que es necesario puntualizar los parámetros temporales para su puesta en práctica y una participación comprometida de todo el personal, esto es, un enfoque desde múltiples perspectivas que permita orientar el trabajo a la satisfacción de los clientes en toda la cadena de valor. Con lo anterior queda de manifiesto que, en la empresa, como en todos los ámbitos, es posible hacer uso de herramientas sencillas pero eficaces para la identificación y resolución de situaciones anómalas o alejadas de los parámetros de normalidad y optimalidad deseados.

## Referencias

1. Gerens Escuela de Posgrado (1 de marzo de 2021). *La mejora de la productividad y reducción de costos en el enfoque orientado a procesos*. <https://gerens.pe/blog/enfoque-procesos-productividad-costos/>
2. González, L.; Gutiérrez, Y.; Naranjo, M.; Cepero, Z.; Reyes, K.; Rodríguez, M.; Contreras, D.; Lazo, M.; Villegas, A.; Teruel, J. y Chacón, O. (2018). Evaluación preliminar y actualización de las mermas productivas para mejorar la rentabilidad del Instituto Finlay de Vacunas. *VacciMonitor*, 27(2), 37-44.
3. Montero, D. (2015). *Transnacionales, gobierno corporativo y agua embotellada: El negocio del siglo XXI*, UAM, Unidad Iztapalapa.
4. Hirano, H. (2009). *JIT Implementation manual: The complete guide to Just-In-Time manufacturing*, CRC Press Taylor & Francis Group.
5. Suárez, M.F. (2007), *El Kaizen: la filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total*, Panorama Editorial.

6. López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad: métodos para la mejora continua y la solución de problemas*, Fundación Confemetal Editorial.
7. Sánchez, D. (2020). *Análisis FODA o DAFO*, Bubok Publishing, S.L.
8. Ortega, O. (2017). *Mejoramiento continuo de procesos: aspectos conceptuales*, Ediciones de la U.
9. Alting, L. (1990). *Procesos para ingeniería de manufactura*, Alfaomega.
10. Baca, G. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*, Grupo Editorial Patria S.A. de C.V.
11. Chase, R., Jacobs, F. & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*, McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
12. Dervitsiotis, K. (1981). *Operations Management*, McGraw Hill.
13. Eraso, O. (2008). *Procesos de manufactura*, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
14. Frish, R. (1998). *Las leyes técnicas y económicas de la producción*, Ediciones UPC.

### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

# ACTUALIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN MOVIL PROTOTIPO “EASYMATH” VINCULADA CON GOOGLE DOCS PARA LA INTERCONEXIÓN DE ARCHIVOS

L. A. Bautista-Padilla<sup>1</sup>, H. Alonso-Jiménez<sup>1</sup>, V. Y. Atala-Campos<sup>1</sup> y N. A. Mariaca-Cárdenas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec-[luismarco244@gmail.com](mailto:luismarco244@gmail.com),  
[homero.aj@zacatepec.tecnm.mx](mailto:homero.aj@zacatepec.tecnm.mx), [victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx](mailto:victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx), [nelson.mc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:nelson.mc@zacatepec.tecnm.mx)

*Área de participación: Manufactura Esbelta y Calidad*

**Resumen:** El presente artículo muestra la actualización de una aplicación para dispositivos móviles dentro de la plataforma APP Inventor® que funciona en armonía con Google Docs, siguiendo la metodología de ISE para el desarrollo de aplicaciones móviles, con el fin de proporcionar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial una herramienta útil en su ámbito escolarizado atendiendo sus necesidades básicas. La aplicación nueva desarrollada es capaz, en alguna de sus funciones, compartir, almacenar, guardar y visualizar gráficamente la información de los resultados obtenidos a través de la conectividad que permite Google Docs y otras de sus características se pueden ejecutar perfectamente sin necesidad de conectarse a internet. Entre las funciones que se han actualizado dentro de la aplicación se encuentran los cálculos de capacidad del proceso, gráficos de control  $\bar{X}$ -R, regresión múltiple de hasta 5 variables, medias de tendencia y llenado sencillo de los formatos de AMEF y Control Plan con comandos de voz. La aplicación aún se encuentra en la categoría de prototipo ya que lo único que le impide salir al mercado es presupuesto para personal informático, administrativo y la adquisición de servidores para el registro y almacenamiento de las cuentas de los estudiantes. Aun así, se concluye que es posible desarrollar un software para dispositivos móviles que permita que los estudiantes cuenten con una herramienta potente y accesible.

## Introducción.

A pesar de que el modelo clásico educativo que se ha empleado hasta la actualidad ha sido de alguna forma efectivo con los resultados obtenidos, lo cierto es que las circunstancias cambiaron debido a la contingencia y obligan a las instituciones a reinventarse para adaptarse y desarrollar sistemas educativos modernos que sean capaces de que los estudiantes aprendan en casa y de forma casi autodidacta. Entonces, una de las alternativas para disminuir el problema, es la aplicación de las nuevas tecnologías, tal vez se piensa que una tecnología como esta sea muy costosa, pero aquí es donde el gran potencial de los teléfonos inteligentes se hace presente, que, a comparación de las computadoras, la mayoría de las personas posee uno ya que es más sencillo para interactuar, sus precios son más accesibles y las personas cada vez más le pierden el temor a usarlos.

La gran ventaja de utilizar una aplicación móvil como medio educativo para los estudiantes es que, con el tiempo los programas se pueden ir actualizando, mejorando, agregar nuevas funciones, o eliminarlas, según las necesidades y experiencias del usuario. Por lo que a futuro este tipo de herramientas pueden avanzar tecnológicamente, optimizar su diseño y funcionamiento para adaptarse a futuras tendencias globales.

Más que una aplicación para aprender y memorizar conceptos, los alumnos necesitan una herramienta útil tanto en su vida escolar como laboral, es por eso que se debe de dar el siguiente paso hacia la evolución de las calculadoras científicas, como tiempo atrás se llevó a cabo e hizo obsoleto la utilización del ábaco en la vida cotidiana.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

La metodología ISE (Ingeniería de Software Educativo) [1] se encuentra enmarcada en cinco fases como se muestra en la Figura 1. A continuación, se describe cada una de las actividades que intervienen en el desarrollo de la propuesta. Esta metodología enfatiza desde los requerimientos de la aplicación, hasta las pruebas y manuales de usuario, todo esto es necesario para el desarrollo completo de la aplicación minimizando los detalles de inconformidad y las posibles fallas o errores en el funcionamiento del sistema.

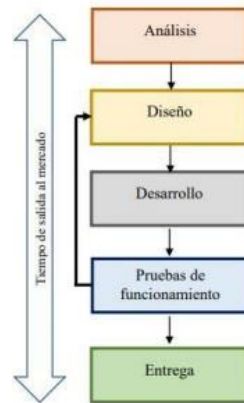


Figura 1. Etapas de la metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles (Mantilla, Ariza, & Delgado, 2018, p.24)

La plataforma de programación elegida es APP INVENTOR que utiliza en su mayoría un lenguaje de programación JAVA (lenguaje de programación que se puede ejecutar en diversas plataformas con sistemas operativos)[2].

Fase Análisis.- Se definieron, a través de aplicación de la encuesta dirigida a estudiantes de Ing. Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec, los requerimientos y funciones demandadas de la aplicación móvil. En donde se definió que es necesaria una aplicación enfocada a agilizar la resolución de problemas relacionados principalmente con datos estadísticos además de que es absolutamente necesario el desarrollo de un software cuyo sistema sea gratuito, aunque con anuncios y de que es favorable de que esté dirigido a dispositivos Android® para un mayor alcance de la población.

Fase Diseño.- Se establecieron en detalle los escenarios de la aplicación a través de un diagrama de estados (figura 2), tiempos y recursos necesarios.

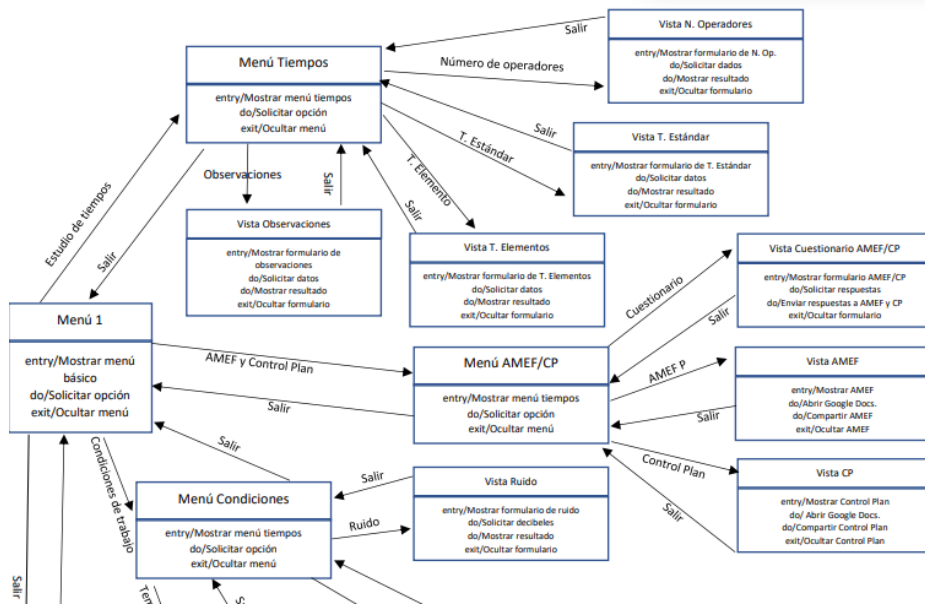


Figura 2. Diagrama de estados parte 1

Para el funcionamiento que requiere conexión a internet de algunos de los atributos de la aplicación, se planteó programar una interconexión de la aplicación con la función de encuestas de Google, en donde esta, solo captura en una hoja virtual de Excel los datos enviados por el usuario, que posteriormente, son procesados con los cálculos requeridos siguiendo las fórmulas y modelos de trabajo descritos como los estadísticos desarrollados a detalle en el libro de Guitierrez Pulido [3] así como los formatos oficiales de los manuales de la AIAG [4] [5], para la creación de las gráficas de datos que ayuda a los estudiantes a visualizar la información (figura 3).

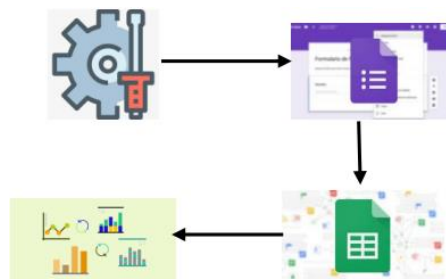


Figura 3. Diagrama de procesamiento de datos a través de Google Docs®

Fase Desarrollo.- Se llevó a cabo la codificación de la aplicación en App Inventor® conectada con Google Docs, además del desarrollo de pruebas unitarias y corrección de errores (figura 4).





Figura 4. Codificación y pruebas de funcionamiento.

Fase Pruebas de funcionamiento.- Se realizó la Emulación y Simulación en dispositivos reales, así como el Análisis del cumplimiento de las 6 M's: Movimiento "Movement", Momento "Moment", Yo "Me", Multiusuario "Multiuser", Dinero "Money", Máquinas "Machines" [6].

Fase de entrega. Se desarrolló el Manual de la aplicación y la planeación de la distribución de la aplicación en Google Play® aproximadamente a finales del 2021. Mientras tanto se ha iniciado el periodo de pruebas abiertas (figura 5) con diferentes usuarios para la verificación del funcionamiento, detección de fallas imprevistas y acciones de mejora a través de la retroalimentación de la experiencia del usuario con la aplicación.

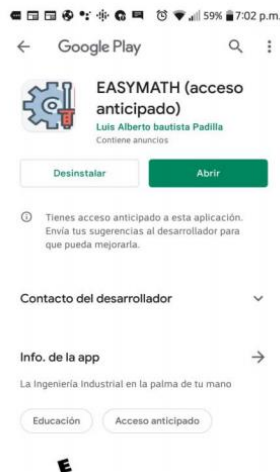


Figura 5. Fase de pruebas abiertas de la aplicación

## Resultados y Discusión.

A continuación, en la figura 6 se muestran cada uno de los resultados de la programación de la aplicación representados en las funciones principales inmersas en el menú de navegación para tener un mayor entendimiento de la estructura y funcionamiento del mismo.

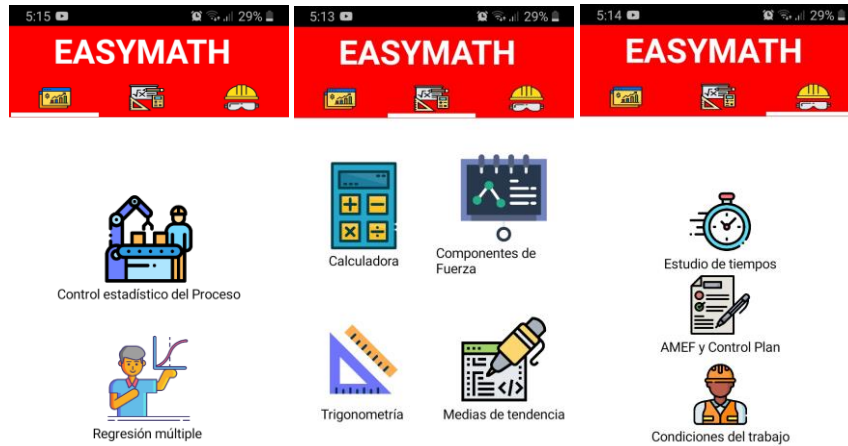


Figura 6. Menú de navegación principal

Entre las características más relevantes dentro de la aplicación se encuentra el desarrollo de una de sus funciones que es capaz de calcular la Media, Varianza, Desviación Estándar, Moda, Mediana, Valor mínimo y el valor Máximo de un conjunto de datos ingresados por el usuario (figura 7).

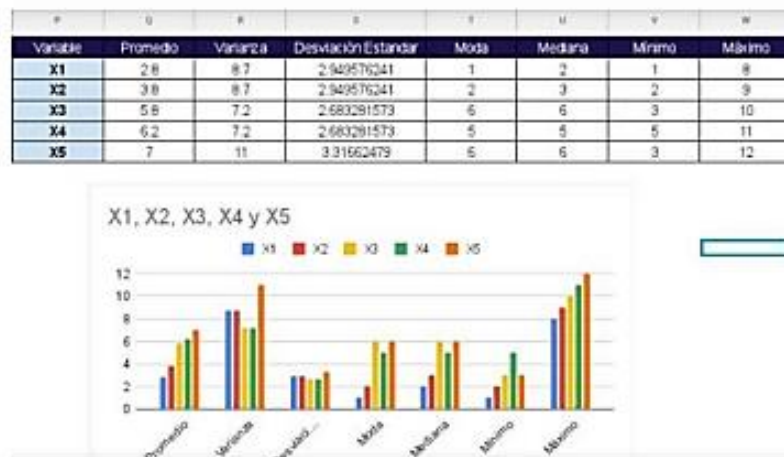


Figura 7. Medidas de tendencia.

En el siguiente apartado de la aplicación se transforman los datos ingresados en una fórmula de regresión múltiple capaz de describir y predecir el comportamiento de los mismos, al mismo tiempo se crean gráficas que describen como cada una de las variables independientes afecta al valor dependiente, ya sea aumentando o disminuyendo su valor (figura 8).

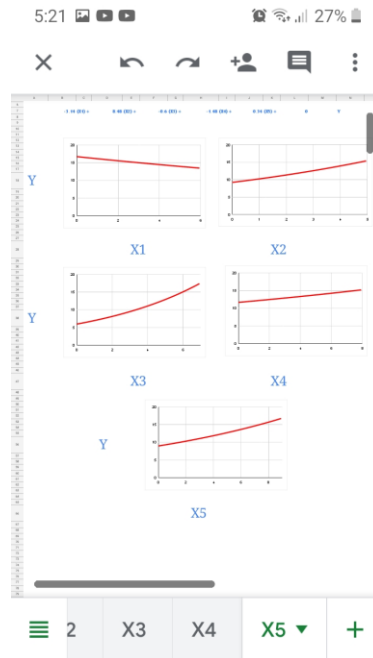


Figura 8. Regresión Múltiple

Otra de las características es que es capaz de calcular los límites de control superior, central e inferior de una Gráfica  $\bar{X}-R$ , así como la visualización de la misma para detectar posible variación no natural que se puedan presentar en los datos ingresados. Esta aplicación tiene la versatilidad de realizar graficas relacionadas con la capacidad del proceso mostrando la campana de Gauss generada por los datos registrados, con ello el estudiante puede ver que tal esbelta es la capacidad de su proceso a través de la dispersión de la variabilidad que hace que la campana sea más estrecha, o en caso contrario, más amplia. También puede analizar si los datos están centrados con el objetivo de especificación y observar si cumple con los límites establecidos por el supuesto cliente (Figura 9).

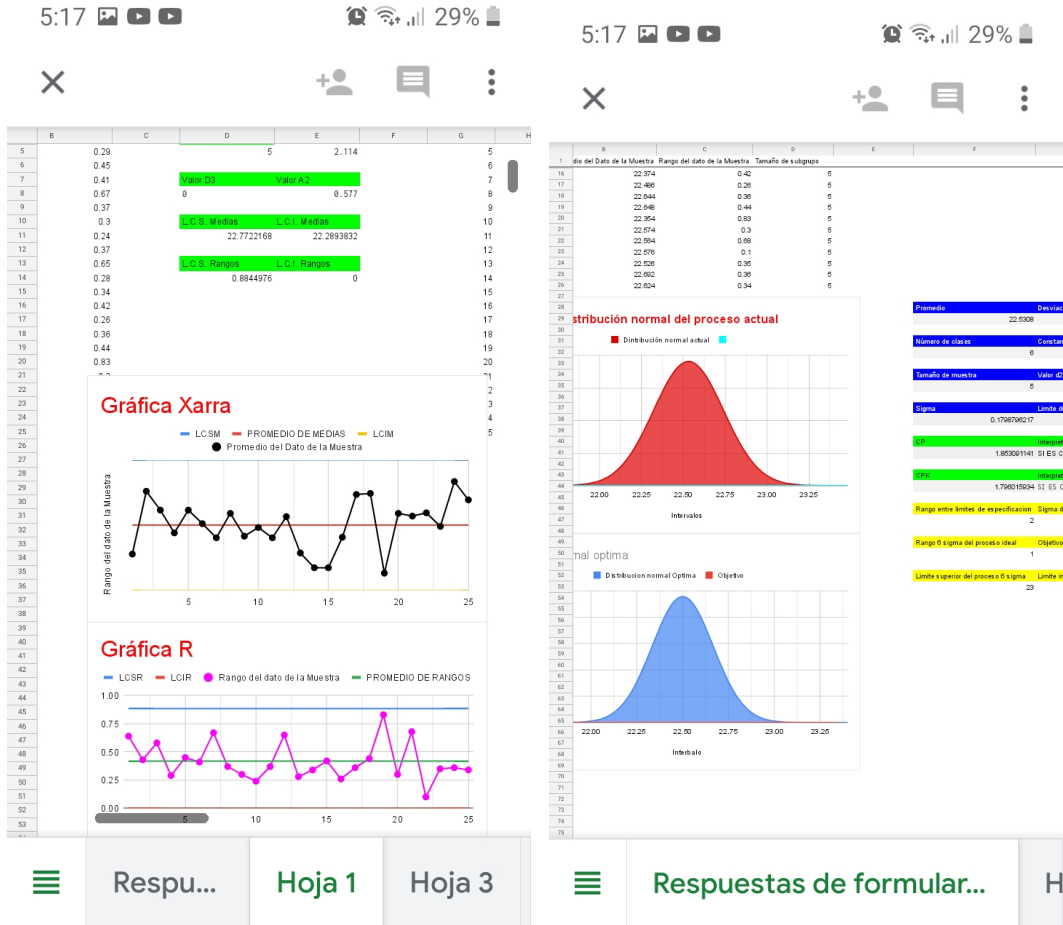


Figura 9. Gráfica de control  $\bar{X}$ -R y Gráfica de Capacidad del proceso

La aplicación cuenta con una variedad de funciones, pero la última que se describirá a continuación que es una de las estelares, es la de poder ingresar información importante dentro de un AMEF- P y un Control Plan ya predefinido y programado para que pueda ser ingresada a través de comandos de voz. Con ello se agiliza el llenado de los mismos, a su vez de que facilita todo el trabajo que se tenía que realizar anteriormente, ya que esta función a través de un cuestionario, toma la información y la ingresa en la categoría correspondiente dentro de la casilla, además de que cuenta con ayudas para valorizar la categoría de Detección, Severidad y Ocurrencia, que son valores necesarios e importantes para por calcular adecuadamente los RPN del proceso que se está analizando (figura 10).

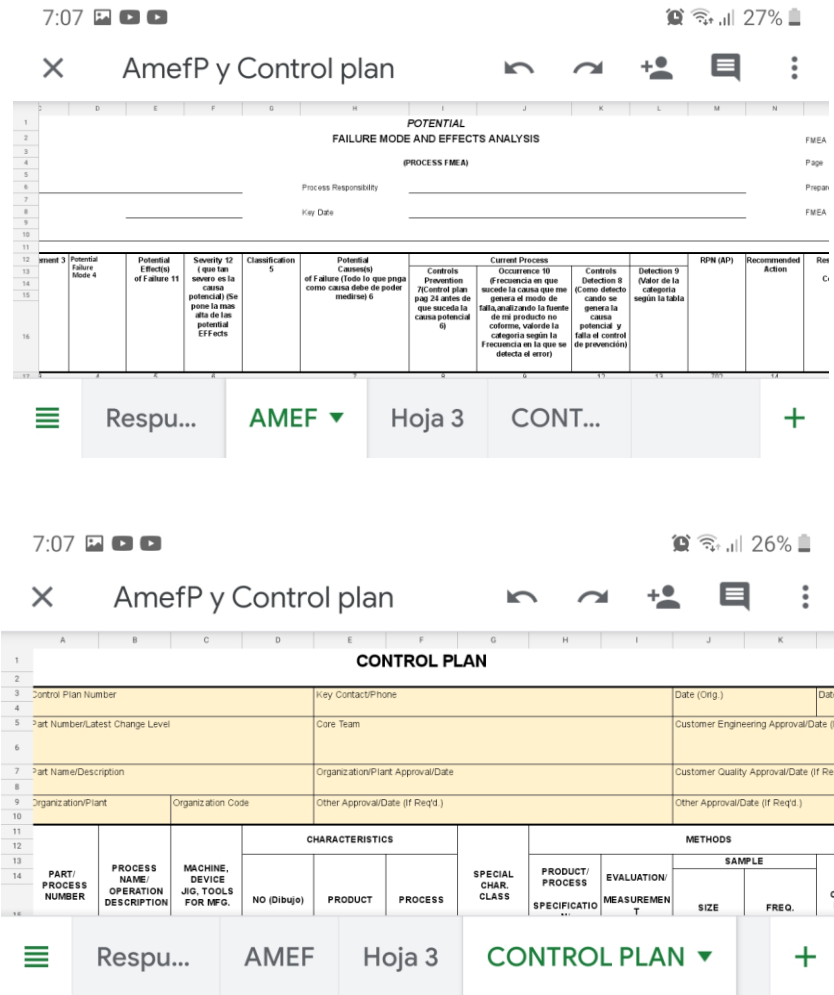


Figura 10. Funciones del desarrollo del formato correspondiente del AMEF de proceso y el Control Plan

**Conclusiones.**

Con este prototipo se puede demostrar que, a través del análisis de los requerimientos de los estudiantes, se puede desarrollar una herramienta que sea útil tanto en su etapa estudiantil como en el ámbito laboral.

Este prototipo actualizado, más allá de ser un medio interactivo para los estudiantes, abre un gran número de posibles usos, ya que si se desea puede ser implementado en sistemas de software integrados y a maquinaria avanzada para el procesamiento de datos recolectados por los sensores que permitan evaluar el sistema y poder comunicarlo de forma inmediata gracias al internet de las cosas, así que aún hay un gran mundo de posibilidades por recorrer.

Aparte de las ventajas descritas en este artículo, es importante mencionar que gracias a que está relacionado con la plataforma de Google Docs®, los usuarios pueden enviar la información resultante y compartirlas con sus compañeros, con los docentes o con las personas interesadas en el formato universal y versátil que ofrece dicha compañía.

Por último, cabe recalcar que aún hay muchas cosas que pudieran implementarse para mejorar la experiencia del usuario con este prototipo de aplicación móvil, la cual no será lanzada al mercado hasta haber cumplido con todos los protocolos de ciberseguridad para proteger a los usuarios de forma robusta de posibles ataques de personas con fines maliciosos que puedan comprometer información personal delicada y desencadenar problemas futuros a los usuarios.

### **Agradecimientos.**

Agradezco inmensamente a Dios, por prestarme la vida y cuidar de mi familia, por todo lo que ha pasado sin importar lo difícil que ha sido porque siempre hay nuevas lecciones que aprender. Agradezco al Instituto Tecnológico de Zacatepec por permitirme el realizar mis estudios y por darme la oportunidad de convertirme en alguien de provecho.

Al M.I.I. Alonso Jiménez Homero, que a largo de los años me ha transmitido una pequeña parte de su gran conocimiento y me ha ayudado a desarrollarme como un mejor estudiante tanto dentro como fuera del aula. Así como a los docentes Victoria Yazmin Atala Campos y Nelson Alfredo Mariaca Cárdenas por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y en la creación de este documento.

### **Referencias**

1. Mantilla, M. C. G., Ariza, L. L. C., & Delgado, B. M. (2014). *Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles*. Tecnura, 18(40), 20-35.
2. Guevara, J. M. (s.f.). *Fundamentos de la programación en Java*. Madrid: G-TeC.
3. Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México DF: Mc Graw Hill Education.
4. Group – AIAG. (2008). *Potential Failure Mode & Effects Analysis (FMEA-4)*. 4. ed
5. Group - AIAG. (2005). *Control Estadístico de los Procesos (spc)*. 2. ed.
6. Ahonen, T. T., & Barrett, J. (Eds.). (2002). *Services for UMTS: Creating killer applications in 3G*. John Wiley & Sons.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MUEBLES EN UNA EMPRESA DE EBANISTERÍA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PDCA

**L. A. Bautista-Padilla<sup>1</sup>, H. Alonso-Jiménez<sup>1</sup>, V. Y. Atala-Campos<sup>1</sup> y N. A. Mariaca-Cárdenas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec [luismarco244@gmail.com](mailto:luismarco244@gmail.com), [homero.aj@zacatepec.tecnm.mx](mailto:homero.aj@zacatepec.tecnm.mx), [victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx](mailto:victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx), [nelson.mc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:nelson.mc@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** *Manufactura Esbelta y Calidad*

**Resumen:** El presente trabajo consiste en la elaboración de una propuesta para el mejoramiento de la fabricación de muebles a través de célula de manufactura dentro de la empresa productora de muebles, a través de un análisis completo de los procesos de fabricación de los muebles denominados alacena superior y clóset de madera, en conjunto con la metodología PDCA para la identificación y resolución de problemas, con el propósito de aumentar la capacidad productiva de la empresa por lo menos en un 50%. En el análisis de los procesos se utilizaron herramientas para el estudio de tiempos y movimientos, además de Lean Manufacturing para determinar el comportamiento del flujo del Mapeo de Valor. Como métodos de control de las condiciones ideales del proceso se propuso un AMEF y un Control Plan. Los resultados de este trabajo estiman el aumento de un 86.59% de la productividad en el proceso de alacenas superiores elevando su promedio de producción mensual de 380 unidades a 710 unidades y el aumento del 88.72% de la productividad en el proceso de clósets de madera elevando su promedio de producción mensual de 168 unidades a 318 unidades. El retorno de la inversión sería en un aproximado de 5 meses, concluyendo que, con un buen análisis de los productos, procesos de manufactura, demanda de la cantidad de productos y la maquinaria correcta, se puede proponer un proyecto viable que le permita a la empresa posicionarse fuertemente en el mercado competitivo.

### Introducción.

La empresa de ebanistería cliente de Global Machinery, presenta problemas de bajo porcentaje de eficiencia productiva, ya que en la mayoría del año este se mantiene en un buen rendimiento promedio del 96% pero en demandas de temporada alta cae de forma drástica a un intervalo del 80 al 85% y si la empresa desea expandir su negocio para atender una mayor demanda primero se debe de resolver este inconveniente, para ello se solicitó una propuesta de célula de manufactura con la maquinaria adecuada en relación costo beneficio que permita elevar el porcentaje del indicador de productividad para volver a la organización más competitiva en el mercado.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Ocho pasos en la solución de un problema a través de la metodología PHVA (Gutiérrez, 2013). Cuando un equipo se reúne con el propósito de ejecutar un proyecto para resolver un problema importante y recurrente, antes de proponer soluciones o aventurarse acciones, se debe contar con información para seguir un método que incremente la probabilidad de éxito. De esta manera, la planeación, el análisis y la reflexión se harán un hábito y gracias a ello se reducirán las acciones por reacción. En este sentido se propone que los equipos de mejora siempre sigan el ciclo PHVA junto con los ocho pasos que a continuación se describen y que se sintetizan en la tabla:

Tabla 1. Pasos del ciclo PHVA (Pulido, 2014)

Etapa del ciclo	Paso núm.	Nombre del paso	Posibles técnicas a usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, h. de verificación, histograma, c. de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cuál es la causa más importante	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d. de Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	Porqué...Necesidad Qué...Objetivo Dónde...Lugar Cuánto...Tiempo y costo Cómo...Plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, c. de control, h. de verificación.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, h. de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

**1.- Definir y analizar la magnitud del problema.** La empresa desea abrir una nueva célula de manufactura para 2 de sus artículos más vendidos dentro de su línea de productos que son el clóset de madera y la alacena superior cuyos promedios de producción actuales se encuentran en 168.5 unidades y 380.5 unidades respectivamente.

La adquisición de la nueva maquinaria debe de tener como objetivo aumentar por lo menos el 50% de la cantidad promedio de productos fabricados de cada tipo, pero sin comprometer la calidad de los mismos y que sea económicamente viable para la organización en un mediano plazo de recuperación de la inversión no mayor a 6 meses. Nótese la serie de tiempo de los datos históricos recolectados de producción en la figura 1 se visualiza el desplome en las últimas fechas debido a los efectos de la contingencia sanitaria.

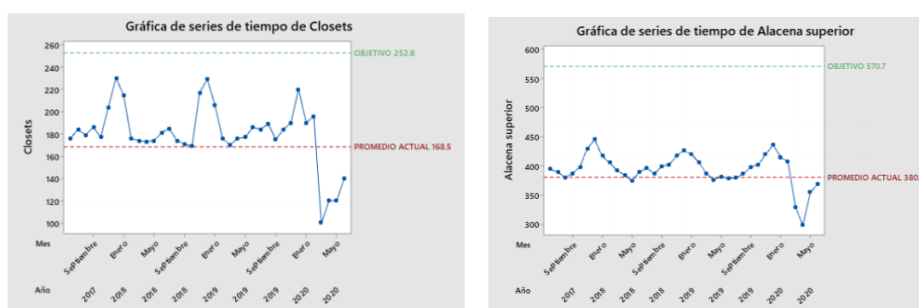


Figura 1. Objetivo de la cantidad promedio de clósets y alacenas superiores a fabricar.

**2.- Buscar las posibles causas.** En ambas gráficas que se muestran en la figura 2, se observa que el promedio de productos fabricados y su capacidad máxima de producción, es aceptable en la mayoría del año, pero en tiempos de mayor demanda que son los

periodos que comprenden los meses de noviembre a enero de cada año, la capacidad productiva de la organización no es suficiente y genera retrasos en los pedidos, costos y acumulación de órdenes para el siguiente mes que le prosigue, por lo cual la empresa está preocupada por abrir una nueva línea de producción no sólo para atender la demanda en estos periodos, sino que le permita tener una mejor capacidad para expandir su demanda en la realización de una mayor cantidad de productos de estos tipos y poder posicionarse sólidamente en el mercado.

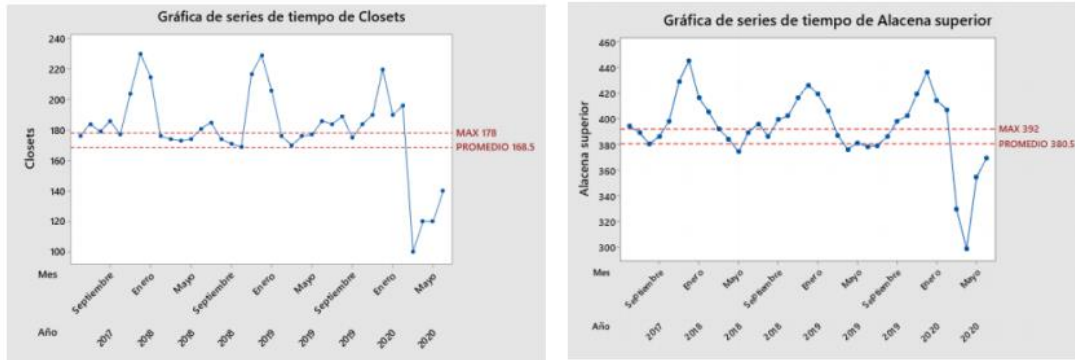


Figura 2. Gráfica actual de la capacidad de producción de la empresa VS la demanda de alacenas superiores y clósets de madera

Para entender el proceso de fabricación de cada uno de los artículos, se realizaron diagramas de operaciones a partir de la comprensión de la relación cada uno de los componentes.

En resumen, las piezas manufacturadas por la empresa pasan por 3 procesos de transformación primordiales, seccionado enchapado y mecanizado, y en la última estación que es el ensamble se unen cada una de ellas, así como los componentes que son realizados por un proveedor externo.

El problema radica que, debido a la saturación de la demanda, el porcentaje de la capacidad de cada una de las estaciones sobrepasa el 100%, por lo que desembocan cuellos de botella y retrasos de producción.

Es por ello que se debe reducir el Takt Time de cada una de las operaciones a través de la célula de manufactura propuesta (Socconini, 2019). Todas las mediciones de tiempo tomadas, diagramas de flujo de cada componente, estudio de tiempos y cálculos realizados para cada una de las estaciones, se condensan en los Mapeos de valor VSM (Dumser, 2017) en la figura 3.

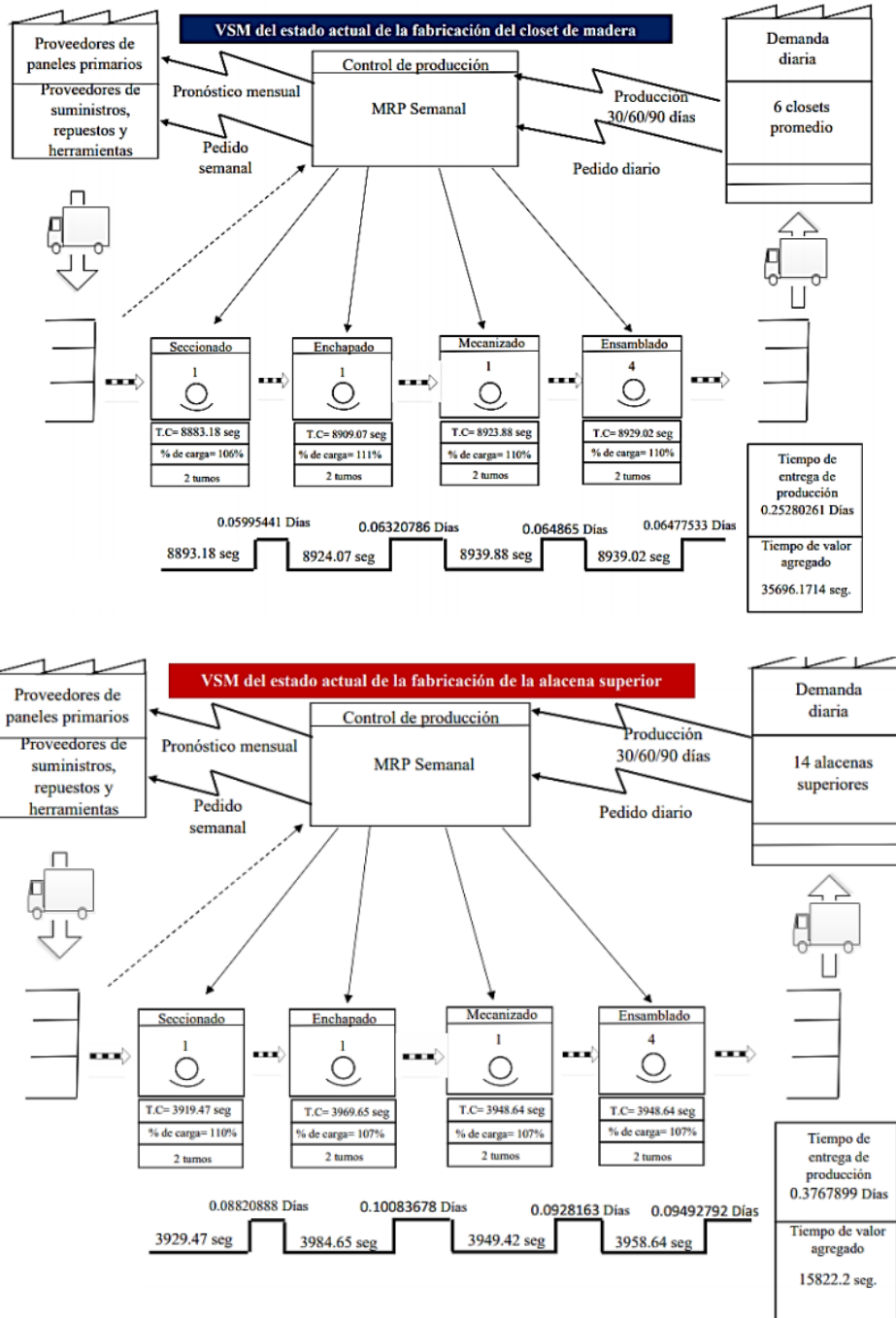


Figura 3. VSM del proceso actual del clóset de madera y de la alacena superior

3.- Investigar cual es la causa más importante. Para descubrir cuáles son las causas más importantes que originan que los tiempos ciclo sean altos, se llevó a cabo una lluvia de ideas de los aspectos o factores a considerar. Esta información se simplifica que se puede atender una demanda mayor que por el momento es imposible por la baja productividad actual debido a los cuellos de botella y a los proveedores internos en el

método, así como a la capacidad productiva limitada de la maquinaria y de la mano de obra actual.

**4.- Considerar las medidas remedio.** Stiles Machinery cuenta con maquinaria diversa para cada uno de las operaciones que requiere la empresa, para ello se realizó un análisis comparativo de cada modelo en donde se evaluó como objetivo la adquisición de maquinaria confiable, productiva y duradera, teniendo en cuenta el costo beneficio y la calidad de los productos. Después de llevar a cabo este análisis y de revisar cada una de las especificaciones técnicas de cada modelo, se seleccionaron las máquinas DRILLTEQ V-200 (CNC), EDGETEQ S-200 FC AUTO (enchapadora), y la HOM SAWTEQ B-130 (Seccionadora), las cuales se muestran en el Layout de planta realizado en Solid Works (figura 4).

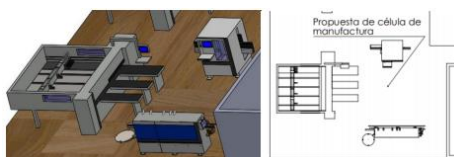


Figura 4. Layout de la célula de manufactura propuesta

**5.- Poner en práctica las medidas remedio.** Para determinar el comportamiento de la célula de manufactura propuesta se tomó en cuenta cada movimiento y operación que realizarán las máquinas en cada uno de los componentes de los productos así como los transportes de las piezas, estos se determinaron a partir de las velocidades de movimiento y operación obtenidas de las especificaciones de cada una de las maquinas, con esta información se obtuvo un tiempo promedio para cada operación los cuales serán tomados en cuenta en simulaciones matemáticas numéricas de la fabricación de los productos. Antes de proseguir con la simulación numérica, se crearán dos escenarios, el mejor y el peor, estos funcionarán como los límites de tiempo inferior y superior de la cantidad de productos que la célula de manufactura puede procesar en el tiempo diario disponible. Se determinan a partir de que para fabricar un clóset requiere de más tiempo de procesamiento que fabricar una alacena, por lo tanto, el peor escenario es que un día la demanda de trabajo diaria fuera de puros productos de clóset y ninguno de alacena, por lo cual, la cantidad de productos se ve perjudicada y reduce en tamaño. En contraparte, el mejor escenario es que en un día de trabajo se hallan pedido solamente alacenas, ya que de los dos productos es el que menos tiempo de fabricación se requiere. Tomando en cuenta todos los tiempos de operación, así como el tiempo diario disponible de la jornada de trabajo se obtuvo que diariamente en el mejor escenario se fabricarán 19 alacenas y en el peor escenario se fabricarán solo 10 clósets, por lo cual la variabilidad de los artículos fabricados en un día de trabajo no sobrepasará estos límites y se mantendrán dentro de los mismos. Este planteamiento fue justificado debido a que se pusieron en práctica más simulaciones con ambos productos y con arribos aleatorios en donde la probabilidad de que de fabrique una alacena es del 69% y un clóset 31% (porcentajes obtenidos de los datos históricos de la demanda). En donde si el número aleatorio cae dentro del intervalo de 0 a 0.689, se fabricará una alacena, pero si cae dentro del intervalo de 0.69 a 1 se fabricará un clóset de madera. Con esto se elimina la incertidumbre del pedido.

6.- Revisar los resultados obtenidos. Después de llevarse a cabo las simulaciones matemáticas numéricas, en las siguientes gráficas de la figura 5 se puede rescatar que en promedio la célula de manufactura podría fabricar 11 alacenas superiores y 5 clósets de madera completos al día, lo cual se interpreta que casi cumple con toda la demanda promedio diaria de los productos a fabricar. Multiplicado por los 30 días hábiles mensuales darían 330 alacenas superiores, 150 clósets y 440 productos en total fabricados al mes.

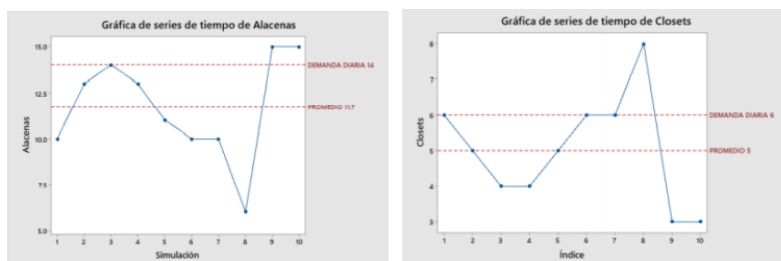


Figura 5. Gráfica de estimaciones del promedio de las alacenas superiores y los clósets de madera que se podrían producir VS la demanda diaria exigida de los mismos

7.- Prevenir la recurrencia del problema. A pesar de que la maquinaria cuenta con sistemas de control de la calidad y procesamiento integrados con los softwares de manejo descritos anteriormente, no está exenta de que en el futuro se puedan presentar fallas en el equipo o problemas de calidad debido al desgaste natural de la maquinaria y sus partes que la componen, estos problemas inevitablemente pueden presentarse en cualquier sistema, maquinaria, equipo o método del proceso pero a pesar de eso, es necesario contar con un procedimiento de control que nos permita detectar a tiempo esas anomalías y poder reaccionar para la mitigación de las mismas. Para disminuir el impacto de estos problemas, se ha desarrollado un AMEF de proceso (AIAG, 2008) que brinda información de todos los sistemas de prevención y detección con los que actualmente cuenta cada una de las maquinas o partes del proceso, pero además se han propuesto algunas otras que pueden implementarse en el futuro para reforzar los sistemas y disminuir el impacto hacia el cliente por la creación de un producto que no cumpla con los estándares establecidos. También se desarrolló un Control Plan (AIAG, 2006) que está íntimamente relacionado con el diagrama de flujo del proceso y con la Matriz de características que nos describe cuales herramientas estadísticas o de inspección podemos utilizar en cada una de las partes del proceso para detectar cuando se estén presentando anomalías en el mismo, así como el tamaño de muestra recomendable y las acciones que pueden llevarse a cabo en caso de presentarse estas irregularidades.

## Resultados y Discusión.

A los resultados obtenidos de la Célula de manufactura propuesta en donde se fabricarían mensualmente 330 alacenas superiores y 150 clósets, se le agregan las 380 alacenas y 168 clósets que la empresa actualmente produce al mes para atender la demanda dando como resultado un promedio total de 710 alacenas y 318 clósets que se pueden fabricar si se implementa la propuesta. De acuerdo a los resultados obtenidos de las siguientes gráficas de la figura 6, obtenemos que la cantidad de alacenas



fabricadas aumentarían en 329 unidades y la cantidad de clóset fabricados aumentarían en 149 unidades con respecto al promedio actual que se puede fabricar en la organización, esto representa un aumento del 86.59 % de productividad para las alacenas y del 88.72% de la productividad de los clósets de madera.

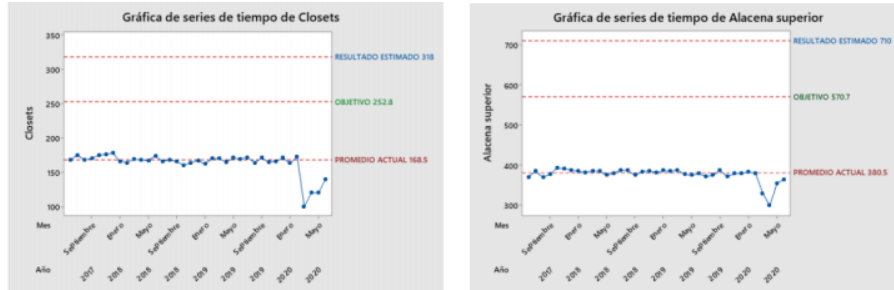


Figura 6. Resultados estimados de producción VS objetivo definido

Estos datos se respaldan al simular todo el proceso en PROMODEL (Dunna, 2006) (figura 7) en donde se obtuvo que en promedio la célula de manufactura fabricaría clósets y 10 alacenas, además de que la maquinaria es tan eficiente que la mayoría del tiempo se queda en espera (color rosa) y la nueva estación sobrecargada ahora en la zona de ensamble (color verde) que deberá ser optimizada en futuros proyectos.



Figura 7. Simulación en PROMODEL

Para respaldar la inversión, se realizó un análisis financiero en donde el precio promedio de 1 alacena ronda en los \$8 000 Mx y de 1 clóset en \$13 000 Mx, El ingreso diario sería de \$153 000 pesos mexicanos, por lo tanto, el ingreso mensual de 30 días hábiles se estima que sería de \$4 590 000 pesos mexicanos. De los cuales se propone que el 30% se destinaría a costos de materia prima, 30% a costos de fabricación, 20% a salarios y el otro 20% se destinaría al pago de la maquinaria. Estos porcentajes pueden modificarse según los gastos y necesidades primordiales de la empresa. Por lo que los \$918 000 pesos mexicanos son el dinero mensual libre que quedaría disponible para el pago de la maquinaria. El monto total a pagar por la maquinaria es de \$218 747 dólares y tomando en cuenta el siguiente dato de la divisa del 21 de diciembre del 2020 del peso dólar tenemos que el monto total en pesos mexicanos del costo de la adquisición de la maquinaria es de \$4 355 644.49 Mx. Por lo tanto, la empresa tardaría aproximadamente 4.7447 meses en pagar completamente la maquinaria adquirida, lo cual se puede afirmar

que cumplió con el objetivo de acabar de pagar la maquinaria en un mediano plazo de 6 meses siempre y cuando se mantenga un flujo de producción constante.

### **Conclusiones.**

Se propuso una célula de manufactura con capacidad para atender una mayor demanda al aumentar la cantidad de closets de madera y alacenas superiores a fabricar al menos en un 50% del promedio de producción actual, además, se estimó que el periodo de viabilidad económica para la adquisición de la maquinaria no superaría un mediano plazo de 6 meses.

### **Agradecimientos.**

Agradezco inmensamente a Dios, por prestarme la vida y cuidar de mi familia, por todo lo que ha pasado sin importar lo difícil que ha sido porque siempre hay nuevas lecciones que aprender. Agradezco al Instituto Tecnológico de Zacatepec por permitirme el realizar mis estudios y por darme la oportunidad de convertirme en alguien de provecho. Al M.I.I. Alonso Jiménez Homero, así como a los docentes Victoria Yazmin Atala Campos y Nelson Alfredo Mariaca Cárdenas por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y en la creación de este documento

### **Referencias**

1. AIAG. (2006). Aprobación de partes para producción (Cuarta Edición ed.). AIAG.
2. AIAG. (2008). Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (Cuarta Edición ed.). AIAG.
3. Dunna, E. G., Reyes, H. G., & Barrón, L. E. C. (2006). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Pearson Educación.
4. Dumser, J. (2017). El mapa del flujo de valor. Los secretos de la herramienta clave del Lean Manufacturing. Titivillus
5. Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la calidad y seis sigma. McGraw Hill.
6. Socconini, L. (2019). Lean manufacturing paso a paso. Barcelona: Marge Books

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE MERMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TAPA METÁLICA MODELO TWIST OFF EN UNA EMPRESA DEL RAMO METAL-MECÁNICO EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO.

**N. Domínguez-Reyes<sup>1</sup>, R.C. Cárdenas-Valdez<sup>1</sup>, E. Villegas-Ocampo<sup>1</sup>, A. Jiménez Luciano<sup>1</sup>. J. Recillas-Román.<sup>2</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).

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas TecNM / Instituto Tecnológico de Zacatepec. [jesus.rr@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jesus.rr@zacatepec.tecnm.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:

En el presente artículo se desarrolla la metodología 8D (ocho disciplinas) para el control y reducción de merma a partir de acciones correctivas y de mejora, con ayuda de herramientas estadísticas y de calidad; logrando una reducción del 27% en merma generada por defecto de hollín, y un 49.41% del defecto de rebaba en la tapa metálica T38 en las líneas de producción T09 y T010 del área Twist, en una empresa del ramo metal-mecánico ubicada en la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, en el estado de Morelos, México, en adelante llamada “la empresa”.

### Introducción.

Hoy en día la industria dedicada a la manufactura de productos, es cada vez más competitiva, las empresas buscan ofrecer mejores productos y servicios con la más alta calidad, obtener mayores ganancias y reducir al máximo los costos, es por eso que “la empresa” tiene la necesidad de desarrollar e implementar un plan de mejora para reducir la merma que se genera en sus líneas de producción de tapas metálicas.

Las 8D son una metodología para la resolución de problemas, que mediante la constitución de un equipo competente y siguiendo un proceso de análisis y toma de decisiones estructuradas en 8 pasos, permite resolver los problemas, focalizándose en los hechos (objetividad) y no en las opiniones (subjetividad); solucionando así problemas como el planteado en el presente artículo, en relación a la producción de tapas metálicas, específicamente en el área de Twist Off.

En “la empresa”, la planta 3 división metálica produjo 732,602,004 tapas en el año 2018 de las cuales 620,570,246 fueron del modelo Twist Off, este modelo generó merma del 2.69%, es decir 16,693,340 tapas según datos históricos del área de producción, teniendo un impacto económico superior a los 8 millones de pesos; por lo que se requiere de una estrategia de intervención para la solución de este problema.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

De acuerdo con Gómez (2012), las 8D son las ocho disciplinas para la resolución de problemas; se trata de una herramienta utilizada para hacer frente y resolver algunos de los problemas que se dan con más asiduidad en las empresas, proponiendo ocho pasos

secuenciales que se deben seguir para resolver con éxito cualquier tipo de situación, siendo estos, los siguientes:

D1 Formar un equipo de expertos que cubra todas las funciones

Hay que ser consciente de que un problema debe ser solucionado por gente que sepa del tema, por ello primeramente se debe crear un grupo con las personas que tengan experiencia en la actividad en cuestión, que puedan hacerse cargo de esta responsabilidad y que sean capaces de dar la solución correcta.

D2 Definir el problema

Posteriormente se debe realizar una descripción detallada del problema. Se pueden hacer uso de otras herramientas como los 5 por qué o 4W + 1H (qué, cuándo, quién, dónde y cómo).

D3 Implementar una acción provisional de contención

Si el problema es realmente serio, antes de implantar la solución definitiva (que podría tardar varios días), se propone poner una solución rápida provisional que evite que el problema empeore hasta que esté lista la solución definitiva.

D4 Identificar la causa raíz

Se deben buscar las causas raíz que generaron la incidencia. Para llegar a la causa real se puede hacer uso de varias herramientas específicas de calidad como diagrama causa-efecto, lluvia de ideas.

D5 Determinar acciones correctivas.

Así como anteriormente se implantaron acciones provisionales para evitar que un problema similar surja de nuevo mientras buscábamos la causa raíz, ahora deberemos determinar cuál va a ser la acción correctiva (AC) definitiva que elimine la causa raíz del problema. Esta etapa puede ser larga, y también influyen los recursos de los que disponga la empresa, en ambos casos no hay que desistir.

D6 Implementar las acciones correctivas permanentes.

Una vez definidas las acciones correctivas, habrá que implementarlas y tener un control para verificar han sido eficaces y que no que surge de nuevo el fallo.

D7 Prevenir que vuelva a aparecer un problema similar.

Ahora que ya sabemos cómo y dónde se producen el tipo de problemas estudiados, podemos extrapolar este tipo de mecanismos a otros procesos similares, evitando la nueva aparición de fallos similares.

D8 Reconocer los esfuerzos del equipo.

Para acabar, se recomienda felicitar o recompensar de alguna forma al equipo de trabajo. Si se manejan bien estos procesos, aplicar esta metodología servirá para aumentar la eficiencia de la empresa y para tener al personal más implicado y contento con su trabajo.

En el ejercicio práctico de la metodología, y habiendo establecido la primera dimensión relacionada a la conformación del equipo, se procede a la definición del problema, que deriva de la identificación del impacto en la empresa, en la tabla 1 se muestra el análisis económico de la merma.

Tabla 1. Impacto económico de la merma

Impacto económico de la merma (datos enero-diciembre 2018 división metal)					
MODELO	PRODUCCION REAL	PORCENTAJE MERMA	PIEZAS MERMA	COSTOS MERMA	COSTO MERMA /PIEZA (PROMEDIO)
ROSCA	44,405,547	2.56%	1,136,782	\$ 1,142,167	\$ 1.00
PILFER	67,626,211	2.66%	1,798,857	\$ 1,210,584	\$ 0.67
<b>TWIST OFF</b>	<b>620,570,246</b>	<b>2.69%</b>	<b>16,693,340</b>	<b>\$ 8,219,184</b>	<b>\$ 0.49</b>
<b>TOTAL</b>	<b>732,602,004</b>	<b>2.76%</b>	<b>19,628,979</b>	<b>\$ 10,571,936</b>	<b>\$ 0.54</b>

En la tabla 1 se observa el área de Twist Off con la que mayor cantidad de merma genera (85%) de la merma total. Y también la que mayor impacto económico tiene (\$ 8, 219,184). Siendo importante resaltar la cuantificación de merma en la figura 1.

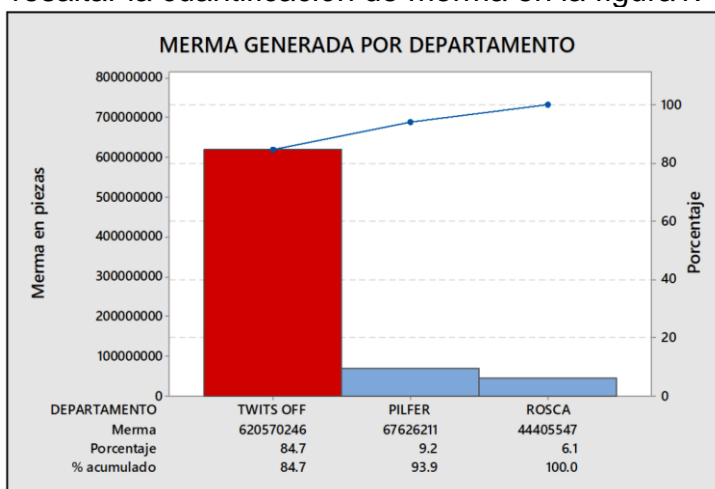


Figura 1. Merma generada por departamento

Uno de los indicadores de producción de la división metal en 2018 fue: “Reducir el porcentaje de merma en el área de twist off, la meta fue 2% de merma máximo, los resultados se muestran en la figura 2; cabe mencionar que el indicador para este año 2019 es la misma meta 2% de merma máximo.

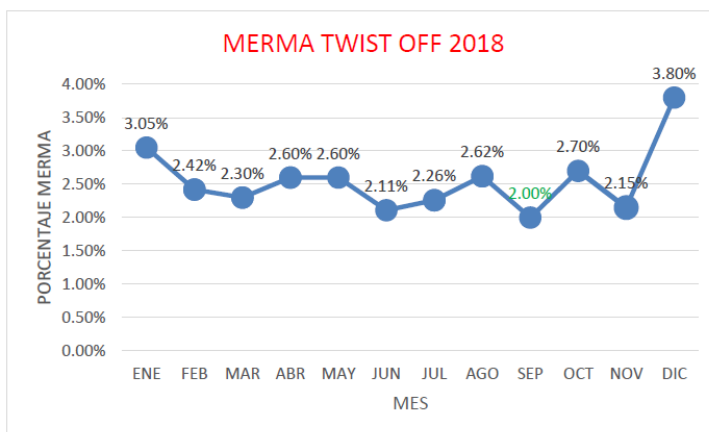


Figura 2. Merma Twist Off.

Como se puede observar en la figura 2 todos los meses excepto septiembre, el indicador de merma esta fuera de la meta. El objetivo no se cumplió.

Ahora bien, para conocer la problemática a fondo y poder aplicar un plan de mejora exitoso es necesario conocer todo el proceso de producción y la situación actual, en esta etapa de la metodología se expone lo mencionado, además se describe en la tabla 2 a detalle el método que el equipo de trabajo desarrollo para medir el proceso.

Tabla 2. Resumen de la problemática

<b>WHAT</b> ¿Cuál es el problema?	Alto porcentaje de merma en la fabricación de la tapa modelo T38
<b>WHERE</b> ¿Dónde ocurre?	En las líneas de producción 09 y 10 del área de Twist Off
<b>WHEN</b> ¿Cuándo ocurre?	Durante el proceso de fabricación
<b>WHO</b> ¿Quién es el responsable?	Operadores, mecánicos, supervisores, Jefes de producción, personal de sistema de visión.
<b>WHY</b> ¿Porque ocurre?	No se tiene un control de la merma, no se sabe qué porcentaje de merma genera cada actividad del proceso, falta de supervisión.
<b>HOW</b> ¿Cómo ocurre?	La merma generada por turno, solo es desechada, no se revisa durante el proceso, el sistema de visión descarta mucha tapa y no se sabe si realmente todas las tapas son merma.

En la figura 3 se visualiza el proceso de producción que consta de 9 etapas en total, en las primeras 8 se involucra el departamento y personal de producción, con intervenciones del personal de calidad y mantenimiento.



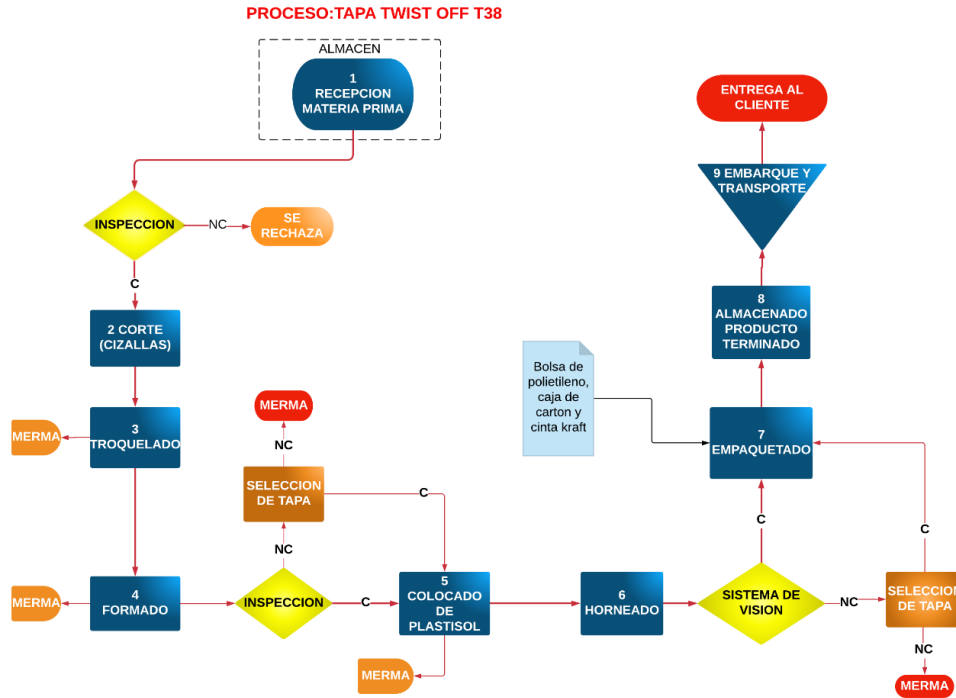


Figura 3. Proceso de producción.

En las 2 líneas encontramos resultados muy parecidos, particularmente en la clasificación de tapas buenas con un 21.54% y un 20.92%, podemos concluir que el 21.23% de las tapas que el sistema de visión descarta no tienen defectos, es decir se está desechando producto bueno, se analizarán las causas por las que está sucediendo este fenómeno, ya que representa un porcentaje considerable.

En promedio el 17.42% de la merma, es por defectos de la lámina, defecto de la materia prima que el proveedor de las láminas tiene.

La merma real del proceso de producción de la división metal es en promedio 61.35%.

Ya que se conoce los porcentajes de merma. se tomó la decisión de revisar la merma de metal, clasificar los defectos que se están generando en el proceso de producción, como se observa en la figura 4.

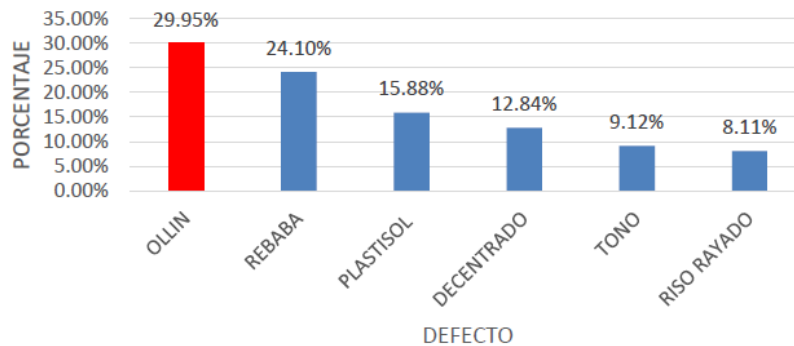


Figura 4. Comparación de tipos de defecto.

En la tabla 3 se muestra el plan de acción a seguir para la implementación de las mejoras necesarias para la reducción de la merma identificada.

Tabla 3. Plan de acción.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	AREA	FECHA COMPROMISO	OBSERVACIONES
1	Capacitar al personal de producción acerca del sistema de control de merma aplicado	Practicante	Producción	30/marzo/19	Se le mostrara al personal de Producción: supervisores, jefe y sub-jefe, los formatos y el método utilizado para que ellos puedan implementarlo.
2	Llevar el registro en una bitácora los ajustes realizados a la maquinaria	Mecánicos	Producción	15/abril/19	Anteriormente se comenzó a realizar una bitácora pero no se le dio continuidad, el plan es retomar la actividad con mejoras en el formato.
3	Realizar el mantenimiento y limpieza a la banda transportadora	Personal de mantenimiento	Mantenimiento	25/abril/19	El defecto olin se genera por la suciedad en la banda. Se elaborara un plan de mantenimiento.
4	Aislar la línea de producción de la engomadora hacia el horno	Personal de Ingeniería y Mantenimiento	Ingeniería, mantenimiento y producción	05/mayo/19	En este tramo de la línea es donde el plastisol va fresco, y la rebaba se adhiere

### Resultados y Discusión.

Una vez realizadas las actividades planeadas, se volvió a medir el proceso, con la misma metodología utilizada, siguiendo cada uno de los pasos como se realizó anteriormente,

se hizo un tercer estudio, se revisó la merma del proceso de metal que descarto el sistema de visión, la muestra contiene 823 piezas, en la figura 5 se muestran los resultados.

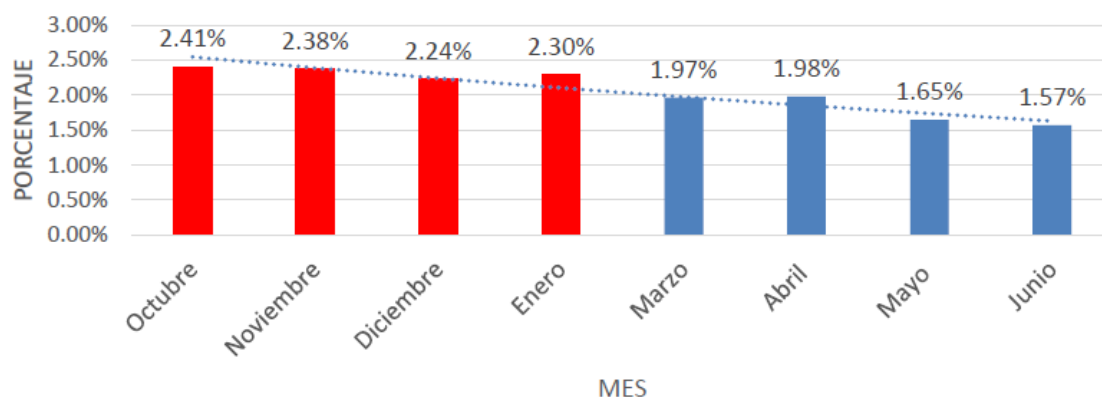


Figura 5. Porcentaje de merma antes y después del proyecto.

Con las acciones correctivas implementadas, Se logró una reducción del 27% en la merma que genera el defecto de olin, y un 49.41% del defecto de rebaba

### Conclusiones.

Con los resultados obtenidos y el porcentaje de merma que se mantuvo por debajo del 2% en la línea T10 desde el mes de marzo que comenzó el proyecto hasta junio que concluyo, si este porcentaje se mantiene, estamos hablando de un volumen de producción anual de tan solo esa línea aproximadamente 100,000,000 de tapas al año, se estaría generando un ahorro de \$250,000. Si este sistema y las mejoras se implementan en todas las líneas, estaríamos hablando de ahorros millonarios y sentando las bases para resolver otros problemas.

### Referencias

1. Buendía D y García E. (2016). Casos prácticos de contabilidad de gestión. España: Pirámide.
2. Galgáno A. (1995). Los siete instrumentos de la calidad total. España: Díaz de Santos.
3. Lyonnet P. (1989). Las 8D: ocho pasas para resolver problemas. 29 marzo 2021, de pdcahome  
Sitio web: <https://www.pdcahome.com/las-8d/>
4. Lyonnet P. (1989). Los métodos de la calidad total. España: Díaz de Santos.

### Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## ESTRATEGIA DE CLASIFICACION DE INVENTARIOS PARA LA REDUCCIÓN DEL INVENTARIO OBSOLETO

P. I. Sáenz-Sotelo<sup>1</sup>, L. Sánchez-Herrera<sup>1</sup>, A. K. Aguilera<sup>1</sup> y M.A. Sánchez-Herrera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Parral, Ave. Tecnológico 57, Colonia Centro, Hidalgo del Parral, Chihuahua – [pisaenz@itparral.edu.mx](mailto:pisaenz@itparral.edu.mx), [lsanchez@itparral.edu.mx](mailto:lsanchez@itparral.edu.mx), [aaguilera@itparral.edu.mx](mailto:aaguilera@itparral.edu.mx)

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Parral, Ave. Tecnológico 57, Colonia Centro, Hidalgo del Parral, Chihuahua – [masanchez@itparral.edu.mx](mailto:masanchez@itparral.edu.mx)

**Área de participación:** *Manufactura esbelta y calidad*

**Resumen:** Disminuir el inventario obsoleto en un almacén de refacciones de un distribuidor de autos nuevos con presencia en el estado de Chihuahua empleando métodos cuantitativos basados en 1) el uso de la distribución de probabilidad normal, 2) pronósticos de series de tiempo, y 3) cálculo de puntos de re-orden, es el objetivo principal del presente proyecto de aplicación, con miras a maximizar la utilidad del departamento. Con base la aplicación de dichos métodos se determinó que si una pieza tiene demanda en 3 meses consecutivos tiene una probabilidad de venta futura del 93.31%, y si una pieza tiene 6 meses sin venta tiene solo el 35% de probabilidades de venderse. Estos datos permitieron inferir el comienzo y el término del ciclo de vida de cada una de las piezas que integran el inventario y clasificarlas como piezas “resurtibles” (3 demandas consecutivas) o “no resurtibles” (6 meses sin venta). Con dichos parámetros de clasificación aplicados a un modelo de pronóstico basado en promedios ponderados, el inventario obsoleto se redujo en 10 puntos porcentuales.

### Introducción.

Los cambios económicos, políticos, y tecnológicos en conjunto con las estrategias que implementan las empresas ensambladoras de automóviles en México han impactado la actuación de la industria, incluyendo el mercado de autopartes automotrices, lo cual en conjunto con la apertura comercial ha dejado poco espacio para integración de empresas en este mercado, pronosticándose la desaparición en el futuro de muchos de este tipo de empresas y dificultándose el manejo del inventario en este tipo de empresas (1). Además, la crisis financiera que afectó al mundo en 2009 impactó fuertemente a este sector, mostrándose como un sector vulnerable (2). El valor de una empresa está altamente correlacionado con la rentabilidad de la misma (3) y en este sentido, los principales problemas que se presentan en el manejo del inventario de refacciones automotrices para optimizar su rentabilidad son los siguientes (4): a) Mantener una mezcla o surtido equivocado de piezas, ya que se pueden escoger desde 22,000 hasta 500,000 diferentes partes dependiendo del fabricante, donde la existencia promedio en el inventario es de 10,000 a 15,000 piezas. La interrogante que surge aquí es ¿Cómo hacerle para identificar cuáles piezas tener en inventario? b) ¿Qué elementos debe contener el programa de cómputo de la empresa de forma que permita realizar eficiente y eficazmente el control y manejo del inventario?, en este orden de ideas, los sistemas informáticos deben hacer lo que el personal mismo haría si tuviera tiempo y memoria ilimitada; y c) ¿Cómo hacer para disminuir el número de piezas obsoletas en el inventario y conformar la mezcla solo de piezas vendibles? Este cuestionamiento es importante ya

que el ritmo de cambio en las líneas de fabricación automotriz está creciendo a un ritmo vertiginoso en términos de modelos, configuraciones y sistemas de conducción lo que implica enfrentar continuamente la decisión de cuáles piezas pedir y cuáles no, ya que no existe una historia previa sobre la demanda de dichas piezas.

En este orden de ideas, el objetivo general del presente proyecto consiste en analizar la forma en que se aplican los métodos de pronóstico y de manejo de inventarios para determinar cuáles y cuántas piezas mantener en stock del catálogo general de refacciones existente y con ello identificar la forma en que se utilizan las distribuciones de probabilidad para inferir acerca del ciclo de vida de cada refacción y su demanda potencial, de forma que a partir de dichas probabilidades se determine si una pieza se debe considerar resurtible o no dentro de los parámetros de reabastecimiento automático del inventario.

El proyecto se justifica ya que las compañías deben asegurarse de contar con todos los recursos necesarios para que su producción de bienes y/o servicios estén disponibles en el momento oportuno y en el lugar solicitado por el cliente mediante un control preciso de las funciones de aprovisionamiento, producción y logística dentro de las organizaciones (5). En este sentido, los métodos cuantitativos apoyan en la mejora del desempeño de las empresas ya que representan el enfoque científico aplicado en la toma de decisiones administrativas, donde los caprichos, emociones y conjeturas no tienen cabida, pues el enfoque comienza con los datos, los cuáles son manipulados o transformados en información valiosa para las personas que toman decisiones (5).

En el caso de los distribuidores automotrices, en ocasiones denominados “concesionarias”, hablando específicamente del departamento de partes y repuestos comúnmente llamado también como “departamento de refacciones” es importante establecer métricas y procedimientos que permitan mejorar su eficiencia en el manejo y manipulación de datos a través de métodos cuantitativos, ya que en 1945 el 94% de las refacciones se compraban a un concesionario, mientras que en 1991 dicho porcentaje disminuyó a 25% explicando que esto se debe principalmente al incremento en el mercado de refacciones no originales, principalmente las de origen Taiwanés y al incremento de proveedores e intermediarios externos que las comercializan, manteniéndose dicha tendencia en la actualidad, lo que enfatiza la importancia de un adecuado manejo del inventario que permita conformar la mezcla del inventario en función de lo que el mercado solicita y que no puede encontrar en otro lugar, conformándose una potencial ventaja competitiva ya que los vehículos están cambiando rápidamente a un ritmo sin precedentes y se debe tener la capacidad para responder algunos meses más rápido a la demanda de partes nuevas a diferencia de los proveedores e intermediarios externos (4). Es decir, una administración adecuada del inventario de partes y repuestos de una distribuidora o concesionaria permite allegarse de piezas nuevas y a su vez mejorar la mezcla de su inventario con piezas vendibles que le permitan recuperar su ventaja competitiva, así como disminuir considerablemente la obsolescencia de las piezas en stock y con ello mejorar las utilidades esperadas.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Uno de los elementos clave en el proyecto es conceptualizar cada parte o refacción bajo el esquema de ciclo de vida del producto, bajo el cual cada producto tiene un ciclo de vida dividido en diferentes etapas: introducción, crecimiento, maduración y declinación. A esto se le llama ciclo de vida del producto (6). Así mismo, un ciclo de vida se puede representar graficando el volumen agregado de ventas de una categoría de producto en el tiempo, siendo los años la escala de tiempo más común (8). Es útil acompañar la curva del volumen de ventas con la correspondiente curva de utilidades (...) las formas de estas dos curvas varían de una categoría de producto a otra". La forma básica de dichas curvas se muestra en la figura 1.

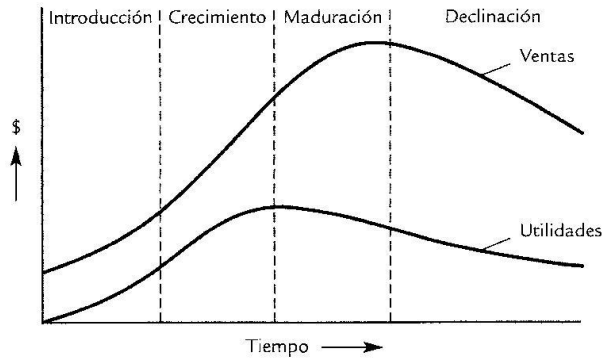


Figura 1: Ciclo clásico de vida del producto (6)

El análisis del ciclo de vida de un producto mediante información histórica, tendencias de productos similares o relacionados y análisis de movimientos de la competencia permite estimar los años rentables que le quedan a un producto y con ello ubicar el producto en su ciclo de vida tal y como se ejemplifica en la figura 2. (6)

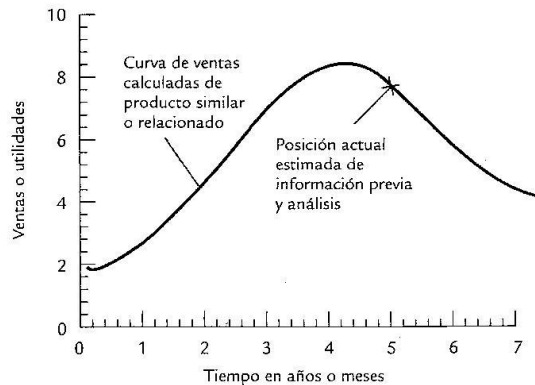


Figura 2: Posición de la curva Del ciclo de vida Del producto (6)

Dado que el objetivo del proyecto consiste en identificar la probabilidad de ventas futuras de una pieza o refacción, el análisis del ciclo de vida se realizó empleando distribuciones de probabilidad, donde la distribución de probabilidad más importante en todo el campo de la estadística es la distribución normal, y cuya gráfica (Ver figura 3), que recibe el



nombre de curva normal, es la curva en forma de campana que frecuentemente, se le llama también distribución Gaussiana y cuya ecuación matemática depende de los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$  (media y desviación estándar respectivamente) (9). En este sentido, el proyecto se trabajó bajo el supuesto de que las ventas mensuales de piezas y refacciones seguían una distribución normal.

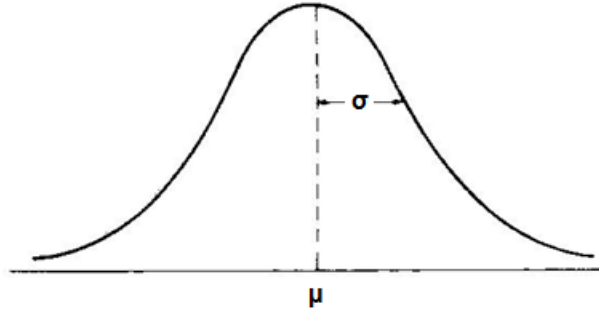


Figura 3: Curva normal (9)

Para el pronóstico de la demanda, se emplearon pronósticos basados en series de tiempo, donde una serie de tiempo se basa en una secuencia de puntos de datos espaciados de manera uniforme (semanal, mensual, trimestral y así sucesivamente) y cuyo pronóstico implica que los valores futuros se predicen únicamente a partir de valores pasados de esa variable, bajo el supuesto de que las variaciones aleatorias se promediarán a lo largo del tiempo; dentro de los cuales, los métodos de pronóstico basados en promedios móviles y promedios móviles ponderados proporcionan formas para promediar los datos y ponderar los promedios para así no estar demasiado influido por las variaciones aleatorias (7). Para efectos del proyecto presentado, se empleó el método de pronóstico basado en promedio móvil ponderado cuya fórmula se muestra en la figura 4.

$$\text{Prónostico} = \frac{\sum(\text{Peso para periodo } n)(\text{Demanda periodo } n)}{\sum \text{Pesos}}$$

Matemáticamente equivale a:

$$F_t = \frac{w_1 Y_{t-1} + w_2 Y_{t-2} + \dots + w_n Y_{t-n}}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

Donde:

$w_i$  = Ponderación de la observación en el periodo  $t - i$

Figura 4: Promedio móvil ponderado (7).

Para el establecimiento de los puntos de re-orden de inventarios para cada pieza o refacción se emplearon las formulas mostradas en la figura 5.

$$\text{Punto de reorden} = (\text{Demanda diaria})(\text{Días de entrega del pedido}) + SS$$

Expresado matemáticamente como:  $ROP = d \times L + SS$

Donde SS representa "Stock de Seguridad"

Figura 5: Cálculo del punto de re-orden considerando existencias de seguridad (7)

## Resultados y Discusión.

El problema principal de un almacén de repuestos de un distribuidor automotriz radica en definir qué piezas se deben integrar al inventario, esto debido a que un vehículo se integra de miles de piezas. Aunado a ello las refacciones varían en función del tipo de vehículo y del modelo en cuestión, además, cada año salen al mercado nuevos y diferentes modelos de automóviles que reemplazan a los modelos anteriores. Para atacar este problema se definió una metodología que identifica el momento a partir del cual se debe tener una pieza en existencia y así mismo reconocer cuando una pieza se encuentra en su etapa final del ciclo de vida. Para definir dichos momentos se analizaron durante varios periodos mensuales el número de artículos vendidos y el número de meses consecutivos inmediatos en que cada pieza o refacción tuvo ventas. Por ejemplo, suponiendo que en el análisis del mes de marzo una “pieza A” tuvo ventas solo en el mes enero y marzo tendría 1 mes de venta consecutiva (la del mes de marzo). Por otro lado, una “pieza B” que tuviera demanda en enero y febrero tendría 3 meses de demanda consecutiva (Ventas en enero, febrero y marzo), realizando dicho análisis para cada pieza o refacción con apoyo de hojas de cálculo. Con base en dichos resultados se realizó un análisis basado en histogramas que comparaba gráficamente los ingresos monetarios en el eje “y” y los meses de demanda consecutiva en el eje “x”. Con esta información y empleando un nivel de confianza del 95% se infirió que los meses de venta consecutiva tienen un comportamiento acorde a la distribución normal, con una media de 1,5 meses y una desviación estándar de 1 mes, con lo que fue posible concluir que: a) Si una pieza tiene 1 mes de demanda consecutiva, tiene 30.85% de probabilidades de venderse; b) Si una pieza tiene 2 meses de demanda consecutiva, tiene 69,14% de probabilidades de venderse, c) Si una pieza tiene 3 meses de demanda consecutiva tiene 93.31% de probabilidades de venderse.

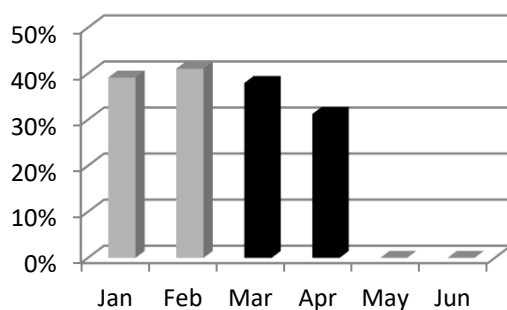
El sistema de control de inventarios maneja dos estatus principales para cada pieza: resurtible y no resurtible. Las piezas resurtibles entran en el proceso de reabastecimiento automático del sistema informático que permite generar un inventario para cada refacción resurtible, mientras que las piezas no resurtibles solo se compran sobre pedido. Las tres probabilidades mencionadas en el párrafo anterior permitieron inferir el inicio del ciclo de vida de una pieza y determinar en qué momento convertir una pieza en resurtible, esto con base a las probabilidades de venta, estableciéndose la siguiente política: una refacción “no resurtible” se convierte en resurtible cuando tiene 3 meses consecutivos de venta, ya que estas piezas tienen una probabilidad de 93.31% de venderse, a diferencia de las piezas con 1 ó 2 meses, las cuales tienen 30.85% y 69.14% de probabilidades de venta.

En términos generales, en la industria de los distribuidores automotrices una pieza se considera obsoleta cuando tiene 12 meses sin venta, sin embargo, estudios realizados para determinar el momento en que una pieza resurtible se convierte en no resurtible permitieron detectar tendencias respecto al probable obsoleto futuro, para ello se ejecutaron estudios de distribución probabilística similares al mencionado con anterioridad, los cual arrojaron la siguiente información: a) Las piezas que tienen 6 meses sin registrar ventas tienen una probabilidad del 65% de no venderse (Solo el 35% se

venderán); y b) Las piezas que tienen 9 meses sin venta tienen un 85% de probabilidad de no venderse (Solo el 15% se venderán)

Con base en las probabilidades anteriores, una pieza resurtible se bloquea para el sistema de resurtido automático convirtiéndola en “no resurtible” cuando lleva 6 meses sin registrar ventas de forma que no se siga reabasteciendo y con ello tener un lapso de 6 meses para su desplazamiento mediante la generación de estrategias de venta adecuadas antes de que se convierta en inventario obsoleto (12 meses sin venta). Es decir, se infiere el probable término del ciclo de vida de la pieza con el objetivo de agotar el inventario en el momento preciso. Este hallazgo fue importante para apoyar en la disminución del inventario obsoleto, ya que el hecho de inferir y monitorear en forma cuantitativa el inicio y el fin del ciclo de vida de una refacción para determinar el momento en que deben integrarse al proceso de reabastecimiento, o bien convertirlas en “no resurtibles” permite allegarse solo de piezas rentables con base en las probabilidades de venta y a su vez detectar de forma anticipada el fin del ciclo de vida de cada refacción, lo que evita reabastecerse de dichas piezas que a futuro no serán rentables y tienen alto riesgo de convertirse en obsoletas.

Lo anterior se fundamenta ya que si el inventario es flexible y responde a los cambios del mercado, entonces es necesario agregar al inventario las partes necesarias en el momento adecuado para tener la cantidad necesaria en existencia a medida que se presenta la demanda, y se debe dar de baja en el momento adecuado, cuando la demanda se reduce y desaparece (4). La aplicación de las técnicas mencionadas permitió reducir el nivel del inventario mensual en 10 puntos porcentuales y con tendencia a la baja, tal como se muestra en la figura 6.



**Figura 6:** Nivel de inventario obsoleto antes (barras color gris) y después de la implementación de la mejora (barras color negro) (Elaboración propia con datos de la empresa)

### Conclusiones.

Aplicar las técnicas mencionadas en el presente reporte permitió determinar las probabilidades de venta de cada pieza o refacción en función del número de meses consecutivos en que tenían ventas, identificando el momento en que una pieza “resurtible” se debe convertir en “no resurtible”, es decir, cuando una pieza tiene 6 meses sin registrar ventas, esto es debido a que cuando las piezas tienen este lapso sin registrar ventas, sus probabilidades de venderse disminuyen a 35%.

El hecho de integrar estos parámetros al sistema informático permite inferir el ciclo de vida de cada una de las piezas y constituir el inventario solo de piezas que justifican su existencia mediante las probabilidades de venta.

La marca para la que trabaja el distribuidor establece que el inventario obsoleto es aquel que tiene 12 meses sin venta, sin embargo, con base a los resultados del presente estudio se observa que el 65% de las piezas que tienen 6 meses sin demanda se convertirán en obsoletas. Estos resultados permiten establecer acciones preventivas de modo que cuando el sistema detecta piezas con 6 meses sin demanda las clasifica como “técnicamente obsoletas” y las bloquea para evitar su reabastecimiento, lo que permite generar acciones preventivas para que dichas piezas no se conviertan en obsoletas, facilitando la mejora continua.

Es importante aclarar que los métodos cuantitativos no deben ser vistos de forma aislada sino que son modelos integrados destinados a ofrecer una solución global, como fue en el presente caso donde las técnicas estadísticas y de pronóstico fueron utilizadas de manera interrelacionada.

## Referencias

1. Álvarez, M. (2002). Cambios en la industria automotriz frente a la globalización. *Revista Contaduría y administración*, 66, 29.
2. Carbajal, Y. (2010). El sector automotriz mexicano: La recuperación de la crisis económica. *Revista trimestral de análisis de coyuntura económica*, III (2), 5.
3. Chopra, S. y Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. Ciudad de México, México: Editorial Prentice Hall.
4. Nicholes, M. (2005). *Control de inventario 1: Enfoque de un seminario*. Estados Unidos: Mike Nicholes Incorporated.
5. Krajewski, L., Ritzman, L., y Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor*. México: Prentice Hall.
6. Cohen, W. (2001). *Plan de mercadotecnia*. México: Grupo Editorial Patria.
7. Render, B., Stair, R. y Hanna, M. (2006). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: Prentice Hall.
8. Stanton, W., Etzel, M. y Walker, B. (2007). *Fundamentos de marketing*. México: Editorial McGraw Hill.
9. Walpole, R. y Myers, R. (1993). *Probabilidad y estadística*. México: Editorial McGraw Hill.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL MOBILIARIO ESCOLAR PARA ESTUDIANTES EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

A. K. Nicanor-Roa<sup>1</sup>, C. Barreto-Cabrera<sup>2</sup>, V. Gama-Nájera<sup>2</sup>, A. Jiménez-Luciano<sup>2</sup>, F.A. Coronel-García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec- [mahesubdiaz@hotmail.com](mailto:mahesubdiaz@hotmail.com) ,

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México. [claudia.bc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:claudia.bc@zacatepec.tecnm.mx), [veronica.gn@zacatepec.tecnm.mx](mailto:veronica.gn@zacatepec.tecnm.mx), [angel.jl@zacatepec.tecnm.mx](mailto:angel.jl@zacatepec.tecnm.mx), [alfonsocoronel.ga@gmail.com](mailto:alfonsocoronel.ga@gmail.com)

*Área de participación: Calidad y manufactura esbelta*

**Resumen:** Este trabajo surge al observar las condiciones en que se encuentra el mobiliario escolar para los estudiantes en una Institución de Educación Superior, perteneciente al Tecnológico Nacional de México, en el estado de Morelos. La metodología empleada fue la siguiente: se analizó de manera visual el mobiliario actual, modelos y condiciones. Se diseñó y aplicó un cuestionario a 210 estudiantes, para determinar si el mobiliario cumple con las necesidades y el confort que requieren los alumnos al permanecer sentados durante largos períodos de tiempo. También se llevó a cabo una comparación, de los diferentes tipos de mobiliario, en relación a las dimensiones corporales de los estudiantes de la Institución, considerando cartas antropométricas realizadas a los mismos. Como resultado se obtuvo que el mobiliario actual, parcialmente cumple con las expectativas y necesidades de los estudiantes, no causa molestias cuando se encuentran largos periodos en posición sedente, pero no es adecuado para trabajar con los dispositivos electrónicos que actualmente se utilizan en las clases. Se concluye que es necesario que la administración, al llevar a cabo las compras, tome en cuenta aspectos pedagógicos y no solamente se base en criterios económicos.

### Introducción.

El mobiliario escolar para los estudiantes debe ser apto para quienes lo utilizan, es decir, cumplir con requerimientos funcionales, que sea confortable y evite la fatiga muscular, asimismo que sea fácil de desplazar y permita el uso de dispositivos electrónicos como laptop, calculadora, etc.; que sean ergonómicos, que en su diseño se hayan considerado las dimensiones antropométricas de los usuarios, tanto de hombres como de mujeres; y, de funcionalidad pedagógica, de acuerdo al modelo educativo. Se considera que es necesario que el mobiliario sea capaz de ayudar al profesor en el trabajo diario, que sea flexible para establecer dinámicas en el ordenamiento del mobiliario para el trabajo en grupo, frontal, expositivo y personal reflexivo (Blanco *et al*, 2015; OREALC, 2001) para que sea considerado de calidad, conceptualizando a la calidad como el “cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas pertinentes” (ISO 9000, 2015), en este caso los usuarios son los estudiantes y otras partes interesadas pertinentes, son los profesores.

Existen varios trabajos de investigación relacionados con el mobiliario escolar para los estudiantes universitarios. En los trabajos realizados se midieron, principalmente, los diferentes tipos de mobiliario escolar para los estudiantes en las Instituciones donde se llevó a cabo la investigación y se compararon con las medidas antropométricas de los estudiantes que toman clases en esas Instituciones; también, en uno de los estudios se realizaron encuestas para conocer la opinión de los estudiantes en relación al mobiliario escolar que utilizan. De los trabajos analizados, en uno de ellos se concluyó que el

mobiliario que utilizan los estudiantes es adecuado para los mismos (Kahya,2018). En los otros estudios se encontró que el mobiliario no es apto para los estudiantes, e incluso, ha causado problemas musculoesqueléticos en ellos; además, opinan que es incómodo permanecer más de una hora sentados en el mobiliario y no sea apto para el aprendizaje (Carvajal y Cacia, 2017; Fidelis *et al*, 2018; Farooqui y Shahu, 2016; Torres y Furlan, 2017).

En la presente investigación se analizó la calidad del mobiliario escolar para los estudiantes del Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), que se encuentra en el estado de Morelos y pertenece al Tecnológico Nacional de México (TecNM). En esta Institución se ofrecen carreras de Ingeniería, por lo que acuden a estudiar jóvenes de 18 a 24 años, principalmente. El mobiliario escolar en esta Institución Educativa en su mayoría son butacas que se encuentran en las aulas donde los estudiantes reciben las clases. Estas butacas a simple vista se observan dañadas y en malas condiciones, además, no se considera que cumplan con aspectos ergonómicos que permitan al estudiante sentirse cómodo al permanecer sentado de una a dos horas seguidas. Por lo que se considera que el mobiliario escolar de esta Institución no es de calidad y, para corroborar la hipótesis se ha realizado este trabajo de investigación, iniciando con una encuesta a estudiantes para conocer su percepción con respecto a las butacas donde se sientan a recibir sus clases. También se tomaron medidas a las diferentes butacas que existen en el Instituto y se compararon con unas tablas antropométricas que fueron realizadas a los estudiantes (hombres y mujeres) un año antes a este estudio. Por último, se pretende que este trabajo sirva de base para la administración de la Institución, para que, al momento de adquirir el mobiliario escolar para los estudiantes, considere aspectos de funcionalidad, pedagógicos y ergonómicos y no solamente criterios económicos, sobre todo, considerando que el mobiliario adquirido va a ser usado por miles de estudiantes durante la vida útil de las butacas.

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

La metodología que se siguió para realizar el análisis del mobiliario fue la siguiente:

a. Características y condiciones del mobiliario.- Primero se revisaron las características mobiliario que existe para los estudiantes y, de forma visual, se analizaron las condiciones en las que se encuentra. De forma general, el mobiliario escolar para los estudiantes son butacas individuales, principalmente, como la que se observa en la

Figura 1



**Figura 1.**

**Figura 1.** Mobiliario escolar para estudiantes (butacas).







Figura 3. Medidas tomadas a las butacas.



Figura 4. Medidas tomadas a la paleta de las butacas.

Las dimensiones fueron las siguientes, ver **Tabla 1**, se han coloreado en amarillo los valores máximos y en naranja los valores mínimos de cada medida:

**Tabla 1.** Dimensiones de las butacas (incluyendo la paleta).

TIPO DE BUTACA	DISTANCIA ENTRE ASIENTO Y PALETA (cm)	ALTURA DEL PISO AL ASIENTO (cm)	(A) ALTURA DEL RESPALDO (cm)	(B) DISTANCIA ENTRE ASIENTO Y RESPALDO (cm)	(C)= (A)+(B) ALTURA TOTAL DEL ASIENTO A LA ALTURA DEL RESPALDO (cm)	ALTURA DEL PISO AL RESPALDO (cm)	ANCHO DEL ASIENTO (cm)	LARGO DE LA PALETA (cm)	ANCHO DE LA PALETA (cm)
Metálica	29	46	19	10	29	76	42.5	55	31
Triplay barnizada	28	46	20	10	30	76	39	47	30
Plástico polipropileno (azúl)	23	45	22	9	31	76	40	48	28
Plástico polipropileno (negra)	24	46	26	10	36	82	47.5	50	34
Plástico polipropileno (gris)	24	44	26	7	33	77	47	56	31
Plástico polipropileno (naranja)	24	46	39	NA	39	72	39	50	28
<b>Máximo</b>	29	46	39	10	39	82	47.5	56	34
<b>Mínimo</b>	23	44	19	7	29	72	39	47	28

En el semestre ene-jun 2019, se elaboraron cartas antropométricas para estudiantes de la Institución donde se analizó el mobiliario escolar, tanto para hombres como para mujeres, ver **Tabla 2** y **Tabla 3**, éstas se compararon para analizar, sí, desde el punto de vista ergonómico, son aptas para los estudiantes de la IES mencionada.

Por último, se obtuvieron los resultados del análisis y las conclusiones.

**Tabla 2.** Carta antropométrica para estudiantes del sexo masculino del IT de Zacatepec. (Tomada de investigación previa por profesores de Ing. Industrial).

#	Descripción de las medidas	Valor (cm)		Sumatoria	Media	Desviación estándar	Percentiles (cm)				
		MAX	MIN				5	25	50	75	95
S1	Altura sentado a (asiento-hombros)	76	53	10142.7	62.225	4.012	55.65	59.52	62.23	64.93	70.09
S2	Altura sentado (piso-cabeza)	138.4	107.9	21087.3	129.370	3.972	122.86	126.69	129.37	132.05	137.15
S3	Altura de ojos sentado	138.8	111.5	19498.02	119.620	3.432	113.99	117.30	119.62	121.94	126.35
S4	Distancia hombro-codo	49.8	24.9	5963.8	36.588	2.769	32.05	34.72	36.59	38.46	42.02
S5	Altura de hombros al piso	139.2	93.8	16791.3	103.014	5.512	93.97	99.30	103.01	106.73	113.82
S6	Altura de codo al asiento	38.4	20.1	4281.1	26.264	3.171	21.06	24.13	26.26	28.41	32.48
S7	Distancia glúteo-rodilla	65.3	38.5	9144.68	56.449	4.958	48.32	53.10	56.45	59.80	66.17
S8	Distancia glúteo-poplitea	67.8	35	7271.9	45.731	4.019	39.14	43.02	45.73	48.44	53.61
S9	Altura poplitea	49	30.4	6608.42	41.882	2.409	37.93	40.26	41.88	43.51	46.60
S10	Alcance funcional frontal del antebrazo	49.5	32.7	6784	42.686	2.399	38.75	41.07	42.69	44.31	47.39
S11	Alcance funcional frontal del brazo	79.1	34.7	10691.91	67.329	6.648	56.43	62.84	67.33	71.82	80.36
S12	Distancia de hombro a hombro	51.2	30	5715.9	35.967	2.734	31.48	34.12	35.97	37.81	41.33
S13	Ancho de caderas	62.4	31.3	7807.3	48.982	6.698	38.00	44.46	48.98	53.50	62.11
S14	Ancho de codo a codo	50.5	29.4	6159.9	38.694	3.520	32.92	36.32	38.69	41.07	45.59
S15	Distancia de cadera	120	79	15711	98.706	7.869	85.80	93.40	98.71	104.02	114.13

**Tabla 3.** Carta antropométrica para estudiantes del sexo femenino del IT de Zacatepec. (Tomada de investigación previa por profesores del Depto. Ing. Industrial).

#	Descripción de las medidas	Valor (cm)		Sumatoria	Media	Desviación estándar	Percentiles (cm)				
		MAX	MIN				5	25	50	75	95
S1	Altura sentado a (asiento-hombros)	87.1	51.3	6258	58.486	3.764	52.31	55.95	58.49	61.03	65.86
S2	Altura sentado (piso-cabeza)	132.2	112.5	13247.6	123.809	3.244	118.49	121.62	123.81	126.00	130.17
S3	Altura de ojos sentado	120.3	101.8	12249.5	114.481	3.288	109.09	112.26	114.48	116.70	120.93
S4	Distancia hombro-codo	58.8	30.1	3744.3	34.993	4.580	27.48	31.90	34.99	38.08	43.97
S5	Altura de hombros al piso	125.8	83.3	10479.8	97.942	3.608	92.02	95.51	97.94	100.38	105.01
S6	Altura de codo al asiento	44	20.1	2658.6	24.847	3.256	19.51	22.65	24.85	27.04	31.23
S7	Distancia glúteo-rodilla	63	44.5	5898.7	55.128	3.385	49.58	52.84	55.13	57.41	61.76
S8	Distancia glúteo-poplitea	50.8	39.8	4741.6	44.314	2.610	40.03	42.55	44.31	46.08	49.43
S9	Altura poplitea	57.6	34.4	4217.3	39.414	2.711	34.97	37.59	39.41	41.24	44.73
S10	Alcance funcional frontal del antebrazo	53.5	32.4	4238.1	39.608	2.713	35.16	37.78	39.61	41.44	44.93
S11	Alcance funcional frontal del brazo	75.2	36.7	6742.2	63.011	4.367	55.85	60.07	63.01	65.96	71.57
S12	Distancia de hombro a hombro	39.2	24.7	3448.5	32.229	2.561	28.03	30.50	32.23	33.96	37.25
S13	Ancho de caderas	53.2	31.5	4593.71	42.932	4.987	34.75	39.57	42.93	46.30	52.71
S14	Ancho de codo a codo	49.1	30.5	4119.2	38.497	3.429	32.87	36.18	38.50	40.81	45.22
S15	Distancia de cadera	110	79	10069	94.103	7.650	81.56	88.94	94.10	99.27	109.10

## Resultados y Discusión.

Los resultados obtenidos de la metodología aplicada fueron los siguientes:

a. Condiciones del mobiliario escolar.- El mobiliario escolar, en general, se encuentra en las siguientes condiciones:

- Butacas de metal.- Es el tipo de butaca con más existencias y muchas de ellas se encuentran en malas condiciones; se observa a simple vista que las partes de la misma se encuentran separadas, la reja de metal para colocar útiles que se encuentra en la parte inferior del asiento ya no la tiene, la paleta se encuentra rugosa y algunas tienen aristas metálicas que pueden lastimar o rasgar la ropa de los estudiantes al sentarse o levantarse.
- Butacas de triplay barnizado.- Se encuentran en medianas condiciones, se encontraron que varias de ellas tienen la paleta rugosa.
- Butacas de plástico de polipropileno.- Son de varios modelos y colores, se encuentran en mejores condiciones que las metálicas y las de triplay barnizado; sin embargo, algunas de ellas tienen el asiento muy estrecho, que las hace incómodas para estudiantes robustos de este nivel de estudio, debido a que son adultos, todos mayores de 18 años.

b. Análisis estadístico del cuestionario aplicado.- Se obtuvo un tamaño de muestra de 385 estudiantes, con el 95% de confiabilidad para una población de 5723 alumnos matriculados en la Institución; sin embargo, debido a complicaciones en la comunicación entre los integrantes del grupo de investigación, el cuestionario se aplicó a 221 estudiantes en cada Programa Educativo (PE) que se ofrece en la Institución, y que han tomado clases en las aulas donde se encuentran las butacas. No se aplicó al total de la muestra, sin embargo, los más de 200 estudiantes que dieron su opinión, tampoco es una cantidad despreciable y sin ser una muestra representativa, se consideró importante dar a conocer los resultados, para computarlos, se utilizó el software excel, obteniendo lo siguiente:

- El 56% de los estudiantes se encuentra en un rango de peso de 60-79 kg, el 23% pesa más de 80 kg, que debe considerarse al momento de adquirir el mobiliario, y el 21% de 40-79 kg.
- El 56% de los estudiantes mide de 1.50-1.69 m, el 42% más de 1.70 m y solamente el 2% de 1.30-1.49 m.
- El 45% de los estudiantes indica que ha permanecido sentado de 2h a 3h 59 min, el 38% más de 4h y el 17% de 1h a 1h 59 min.
- Los estudiantes opinan que han permanecido sentados sin sentir ninguna molestia: el 83% de 30 min a 1h 29 min, el 15% de 1h 30 min a 3h 29min y el 1% más de 3h 30 min. El 1% no opinó.
- Cuando los estudiantes sintieron alguna molestia, el 51% indica que fue en la espalda (alta, media y baja), el 23% en glúteos, el 14% en cuello y hombros el 8% en piernas y pies y el 4% en muslos.
- El 63% de los encuestados indicó que la butaca en la que se ha sentido es cómoda, mientras que el 37% opina que no la siente cómoda por las siguientes razones: el asiento es duro o la butaca es muy chica.
- El 76% opina que no es posible apoyar algún dispositivo electrónico en la paleta de la butaca por las siguientes razones: la paleta es muy chica y se encuentra inclinada, por lo que se resbalan los dispositivos además, de que la paleta se encuentra en malas condiciones y se mueve, lo que hace inseguro colocar algún dispositivo electrónico.

De este análisis estadístico se puede mencionar que los estudiantes permanecen sentados largos períodos de tiempo, hasta más de 4 hr; sin embargo, hasta una hora y media los estudiantes no sienten molestia alguna al permanecer sentados, después de este tiempo empiezan a sentir alguna molestia, sobre todo, porque el asiento es duro o la butaca muy chica. Por último, la mayoría opina que no pueden apoyar algún dispositivo electrónico.

c. Comparación del mobiliario escolar con las cartas antropométricas.- En este aspecto los resultados fueron los siguientes:

Se consideraron cinco dimensiones corporales para realizar la comparación con las medidas de las butacas, la relación y las dimensiones, considerando las medidas antropométricas del sexo masculino, que son mayores que las del sexo femenino, en los percentiles más comunes, el 50 y el 75 así como las dimensiones de las butacas y el tipo de butaca que tiene las dimensiones mayores, tenemos los resultados que se observan en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Comparación de las medidas de las butacas con las dimensiones antropométricas de los estudiantes del IT de Zacatepec.

Medidas antropométricas		Descripción mediciones de la butaca	Dimensiones corporales sexo masculino		Dimensiones de la butaca	
Código	Descripción		Percentil 50 (cm)	Percentil 75 (cm)	Dimensiones máximas	Tipo de butaca
S1	Altura sentado (asiento-hombros)	Respaldo	62	64.93	39	Plástico polipropileno (naranja)
S5	Altura hombros al piso	Altura de piso a respaldo	103.01	106.73	82	Plástico polipropileno (negra)
S9	Altura poplitea (piso-rodilla)	Altura del piso al asiento	41.88	43.51	46	Metálica, triplay, plástico poliprop. (naranja y negra)
S11	Alcance funcional frontal del antebrazo	Largo paleta	67.33	71.82	56	Plástico polipropileno (gris)
S13	Ancho de caderas	Ancho del asiento	48.98	53.5	47.5	Plástico poliprop. (negra)

Considerando los resultados de la tabla anterior, se puede afirmar que solamente en la dimensión S9 el mobiliario es más amplio que las medidas antropométricas del estudiante; y en la dimensión S13 la butaca que es ligeramente más pequeña, es la de plástico de polipropileno negra, por lo que se puede afirmar que es la mejor de las butacas que han sido adquiridas y en las que se podrían sentir más cómodos los estudiantes, ya que aproximadamente cumple con ambas medidas.

### **Conclusiones.**

De acuerdo al análisis del mobiliario escolar, se puede afirmar que se encuentra en malas condiciones, no se observa que le den el mantenimiento adecuado por lo que se deterioran rápidamente. Se observa a simple vista que tienen la pintura desgastada, las paletas agrietadas o sin la madera con la cual las revisten. Las butacas de metal son más peligrosas porque cuentan con aristas que pueden lastimar la piel de los estudiantes o desgarrar su ropa.

Los alumnos, en general, se encuentran cómodos en las butacas, no importando si se encuentran largos períodos sentados, es normal que después de dos horas se sientan molestias y más si es una butaca con asiento de material duro; sin embargo, donde más

insatisfechos se encuentran es en relación a poder colocar algún dispositivo electrónico sobre la paleta, debido a que están pequeñas e inclinadas.

En cuanto a las dimensiones de las butacas y las medidas antropométricas de los estudiantes, también existen diferencias, se encontró que, de cinco dimensiones antropométricas consideradas, solamente la S9 se cumple y se supera ampliamente por las dimensiones de cuatro butacas.

En general, se puede decir que el mobiliario escolar para los estudiantes del Instituto Tecnológico de Zacatepec, no es de la calidad que los estudiantes requieren, debido a que no cumplen con varios de los aspectos analizados; así como tampoco satisfacen las necesidades de los profesores para realizar las actividades pedagógicas, de acuerdo al modelo educativo de la Institución.

### **Agradecimientos.**

Se agradecen las facilidades que dieron las autoridades del Instituto Tecnológico de Zacatepec para la realización de esta investigación.

### **Referencias**

1. Blanco Lizarazo D.C., Sánchez González C.j., Espinel Correal F. (2015) Mobiliario escolar: el reto de la pedagogía al diseño. Iconofacto. Vol. 11, no.16, pp. 141-152. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es>
2. Carvajal Villamizar H.P. Y Cacia Barreto L.F. (2017) Estudio ergonómico del mobiliario de las aulas en Uruminuto, Cúcuta. Revista virtual de Ciencias Sociales y Humanas "Psicoespacios". Vol.11, núm. 18, pp. 76-93.
3. Farooqui R.M. Y Shahu Dr. R.B. (2016) Analysis of Secondary School Furniture's based on Ergonomic Considerations. International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 6, Issue 3. Pp. 50-56.
4. Fidelis O.P. Ogundale B., Adela Kun S.A., Adukwu O. (2018) Ergonomic analysis of classroom furniture in a Nigerian University. Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH) Vol. 37, no. 7. Pp. 1154-1161 Recuperado en: <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/view/179746>
5. ISO9000 (2015) Norma Internacional. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabularios. Secretaría Central de ISO. Ginebra, Suiza.
6. Kahya Emin (2018) Evaluation of the classroom furniture for University students. The journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskisehir Osmangazi University. 26(1). Pp. 20-29. Turquia.
7. OREALC (2001) Guía de recomendaciones para el diseño del mobiliario escolar. Gobierno de Chile. Recuperado en: <https://bibliotecadigital.mineduc.cl>
8. Torres Capuz K.R. y Furlan del Pezo A.M. (2017). Evaluación antropométrica del mobiliario escolar para estudiantes universitarios de Ecuador. Universidad Salesiana de Ecuador. Recuperado en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14333/2/UPS-GT001910.pdf>

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## SISTEMA DE CONFORMADO SEMIAUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE MONTADO DE CALZADO.

J. C. De la cruz Lara, S. Espinoza Salgado, N. J. Ontiveros Hernández, J. A. Peña Ramírez, M.H. Tiburcio Zúñiga.

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27 C.P. 62780 Zacatepec, Morelos, México

Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
{mg19091535, socrates.es. norma.oh, jesus.pr, mario.tz @zacatepec.tecnm.mx.

*Área de participación: Sistemas computacionales*

**Resumen:** El presente documento forma parte de los resultados de un proyecto de investigación en desarrollo tecnológico, en el cual se propone realizar un sistema de conformado semiautomatizado para mejorar el proceso de montado de calzado, el cual permitirá al sector empresarial de calzado aumentar su productividad e incrementar su índice de repetitividad en este proceso, asegurando que la fabricación del producto (calzado) cumpla con los estándares de calidad requeridos por los clientes.

### Introducción.

El método de conformado del calzado tiene varias técnicas de ejecución, pero el resultado debe ser el mismo: El corte debe ser montado en la horma de tal forma que tenga un conformado uniforme y una buena adhesión con el utillaje.

La persona encargada de esa tarea se le llama montador; el cual tiene a su cargo montar el corte del zapato a la horma correspondiente (Orozco, 2018).

En general, el montado se realiza de la siguiente forma:

- Si el corte es de piel entonces se ablanda mediante un atomizador, con una sustancia que suaviza el corte para que tenga una mayor maniobrabilidad para conformar el corte en la horma, por el contrario, si el material de corte es sintético o de algún otro material diferente a la piel, no será necesario aplicar ablandador al corte ya que estos materiales tienen mucha maniobrabilidad.
- La base de la horma es cubierta por una planta de un material aglomerado de piel, esta se fija por medio de unos clavos o tachuelas (normalmente 3) una al centro del antepié, otra al centro del mediopie y la última al centro del retropie. Al final se le unta pegamento la base del material aglomerado que cubre toda la planta del pie (Zambrano, 1985).
- Los cortes se untan con pegamento al filo de la piel o del sintético.
- El ablandamiento se realiza con un disolvente y se introduce el contrafuerte (Entretela con baja memoria de deformación) en el corte y una vez acomodado, fíjese que el borde quede a unos 3 milímetros de la costura superior (Zambrano, 1985).
- Para evitar que el corte se pegue a la horma, aplique parafina o talco en la punta y en el talón de la horma antes de ser montado el corte (Zambrano, 1985).
- Cuando esté montando el corte, recuerde que debe estirar por separado el forro y luego la piel; con el fin de que no queden arrugas interiores (Zambrano, 1985).

- Una vez montado el corte, debe quedar bien ajustado a la horma, sin arrugas, ni bolsas y el filo de la plantilla bien definido.
- El corte apuntado se deja secar, para que tome la forma de la horma: el tiempo de secado es variable, según el medio que se utilice (Zambrano, 1985).

El método de conformado de calzado se puede realizar de dos formas o procedimientos:

a). Montado de forma manual: En este caso el montaje de cortes es a mano, consiste en saber cómo preparar el corte; es decir: saber colocar el contrafuerte y aplicar el pegante; apuntar el corte sobre la horma y luego de estar seco montarlo, para que tome la forma de la horma, el equipo utilizado para este caso es; un puesto de trabajo con mesabanco con dedal y hormas (Zambrano, 1985).

b). Montado con máquina: Las máquinas en el área de montado pueden ser de varias formas, la más conocida es la máquina de pinzas, en la cual monta el calzado de la siguiente manera:

- i. Se centra el corte sobre la horma utilizando las pinzas colocadas en la parte delantera de la máquina (Vicente, 2015).
- ii. Se ubica la punta del zapato en la máquina y se presiona el pedal para que el sistema hidráulico se active y las pinzas presionen el cuero (es importante colocar un protector en el empeine del zapato, para que las pinzas no marquen el cuero) (Vicente, 2015).
- iii. Se retira el zapato de la máquina (Vicente, 2015).

La diferencia entre el montado de forma manual, el montado de forma automática es que la fuerza es obtenida de los pistones (hidráulicos o neumáticos) de la máquina.

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

La mayoría de los procesos productivos en varios sectores, aún no han sido automatizados. Esto interpone una fuerte restricción al incremento de la productividad (Kim, 2004).

La poca atención en los procesos productivos de la fabricación de calzado por parte de los pequeños negocios tiene una tendencia de ceguera a la hora de medir la eficiencia y productividad y la mayoría de las veces los problemas se resuelven de forma eficaz ocupando recursos innecesarios atacando un proceso que puede ser muy eficiente de forma exponencial analizándolo de forma correcta (Saaty, 1994).

#### *Análisis de resolución de problemas.*

Según Thomas L. Saaty, la forma más eficiente de atacar un problema es analizando el mismo e ir erradicando las bases de este, es decir que el problema no tuviera sustento en la parte baja de su estructura para que esta no sucediera, brindando alternativas y sugiriendo nuevos métodos o incluso proporcionando información acerca de la forma en que sucedía, sólo con datos podemos darnos cuenta de lo importante que es cada elemento en el proceso (Saaty, 1994).

Trasladándolo marco de la operación del montado del calzado se puede ver una referencia específica de la necesidad de incrementar este proceso que en su mayoría es manual, a un proceso más automatizado. El área de montado o conformado del calzado es un área muy específica y necesaria del sector, a través de los años ha sido poco atendida. La implementación de la automatización en estos procesos es fundamental, la aplicación de esta área de estudio en este tipo de labores reducirá los costos de producción, incrementará los índices de productividad, y dejará estas labores tediosas para los trabajadores en labor de las máquinas (Bojan Nemeč L. Z., 2006).

#### *Elementos neumáticos.*

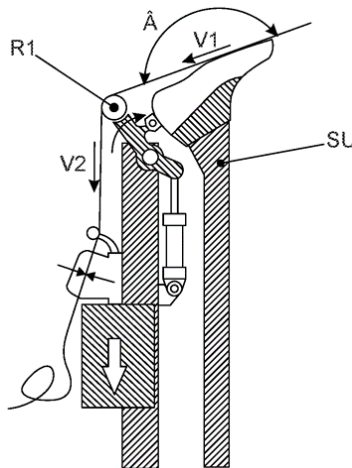
La Neumática moderna, se inició en Alemania a partir de 1950, la cual ha revelado tener múltiples aplicaciones en la industria y sobre todo la de calzado.

Los elementos neumáticos en la industria de calzado son módulos o unidades normalizadas que puede emplearse siempre en sistemas de mandos sencillos o complejos. La función del elemento determina la posición de este dentro del sistema de mando; el diámetro nominal (paso de aire libre) es el criterio de potencia. (Deppert & Stoll, 2000).

Algunas de las ventajas que presenta el uso de la Neumática en la industria de calzado son el bajo costo de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar las bajas presiones con que trabaja (típico 6 bar), lo que establece un factor de seguridad adecuado. Otras características favorables son el riesgo nulo de explosión, su conversión fácil al movimiento giratorio, así como lineal, la posibilidad de transmitir energía a grandes distancias, una construcción y mantenimiento fáciles y la economía en aplicaciones.

#### *Estado del Arte.*

El desarrollo de tecnologías en el área del montado de calzado se ha enfocado en los últimos años a desarrollar métodos de montado con el uso del sistema de jareta, de los cuales se han desarrollado diferentes mecanismos, uno de los mecanismos más utilizados en la actualidad es como el que se presenta en la figura 1:



**Figura 1: Mecanismo Patente US20200022459A1.**

En este caso en la figura 1, se muestra un vector uno (V1) empujando el hilo cocido mediante una máquina de coser Strobel o máquina de jareta, este vector de fuerza es empujado guiado en dirección de su lado opuesto el cual está representado como el vector dos (V2) de la ilustración. La distribución de la fuerza se realiza mediante una polea y el mecanismo que activa la dirección del hilo se ubica en la parte inferior base de la máquina, por seguridad el módulo que contiene la polea (R1), si encuentra sujeto y con una posición asegurada por medio de un pistón para que el calzado se mantenga en su posición y no provoque alguna lesión o accidente al operador. en este caso la velocidad tensión del hilo cocido en la orilla del corte del calzado es el que ejerce un movimiento angular ( $\hat{A}$ ) sobre el contorno del calzado hacia el centro de la horma (Souza, S. B. 2020).

A continuación, se describe un módulo en la figura 2, el cual se agrupa al mecanismo anteriormente descrito, el cual al ser ensamblado extiende la capacidad de montado, mediante el incremento de la capacidad de fuerza y tensión del hilo para que este pueda montar materiales mucho más rígidos que dos habituales, es decir algunos materiales requieren una mayor fuerza de tensión del hilo para que el corte pueda ser empujado hacia el centro de la horma. En la figura 1, también se puede observar que el vector de tensión (V1) está en contacto con el calzado el cual genera la fuerza angular ( $\hat{A}$ ), no con solamente un rodamiento guía (R1) que distribuye la fuerza del hilo, sin embargo con este acoplamiento la fuerza se distribuye en dos rodamientos (E), los cuales distribuyen la fuerza de tensión del hilo, empujando todo el módulo acoplado, así el calzado mediante un movimiento originado por el pistón que originalmente aseguraba la posición en la figura 1 del rodamiento (R1) (Souza, S. B. 2020).

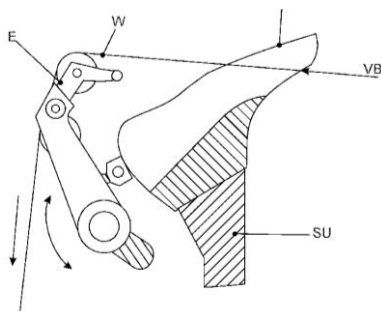


Figura 2: Mecanismo Patente US20200022459A1.

## Resultados y Discusión.

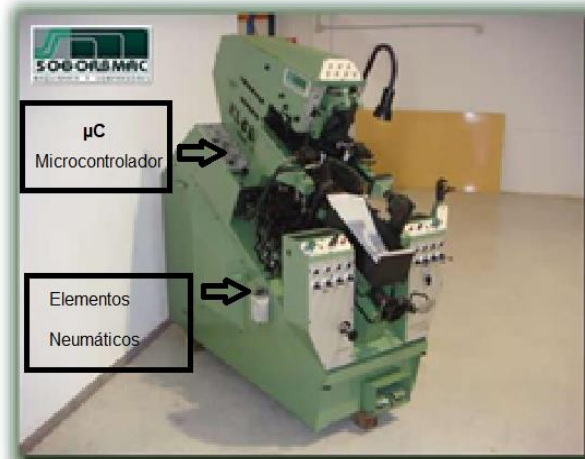
Existen varios métodos para realizar la conformación del calzado, de acuerdo con las características planteadas, para desarrollar un método en específico se pueden clasificar de acuerdo con la facilidad de entendimiento y aplicación por parte del operador, para realizarlo correctamente sin poner en riesgo la repetibilidad y calidad requerida por el usuario del producto, lo cual amplía la expectativa de mejora en lo que se refiere a costos de adquisición y de mantenimiento.

De acuerdo con lo anterior, se optó por modificar una montadora de calzado para que opere con actuadores neumáticos, lo cual brindará aspectos de versatilidad y facilidad al

ser manipulada por el operador y al mismo tiempo reducirá los costos de refacciones y mantenimiento debido a que los elementos neumáticos son comunes y menos costosos (ver figura 3 y figura 4).



**Figura 3: Máquina de montar con puntas hidráulicas, (máquina original).**



**Figura 4: Máquina de montar con puntas hidráulicas, (máquina modificada).**

Por una parte, los cilindros neumáticos que se van a utilizar son los cilindros MAL (ver figura 5) o también denominados “mini cilindros de doble efecto”, los cuales son fabricados de aluminio, estos cilindros se seleccionaron debido a su bajo costo y fácil manipulación ya que tienen 2 roscas para ensamblaje una en cada extremo del pistón.

Las medidas sugeridas para cada elemento son:

- MAL 25 X 25: Puntos de sujeción del corte sobre el contorno de la horma.
- MAL 32 X 25: Sujetadores laterales de la horma.
- MAL 40 X 50: Base de empuje de la horma
- MAL 16 X 100: Bases laterales para envolver el corte sobre la horma.

Donde la relevancia en cada propuesta se determinó de acuerdo con la función de cada elemento neumático necesario en cada componente del prototipo, dado que en la serie MAL los 2 primeros dígitos determinan el ancho del vástago del cilindro, y los segundos 2 dígitos representan la distancia de la carrera de los pistones, esto quiere decir que el cilindro de la serie MAL denominado como MAL 40 X 50 nos indica que el diámetro del vástago es de 40 mm y la distancia de la carrera del vástago es de 50 mm, y una presión de operación de hasta .7 MPa con relación de fuerza de acuerdo con la tabla 1.



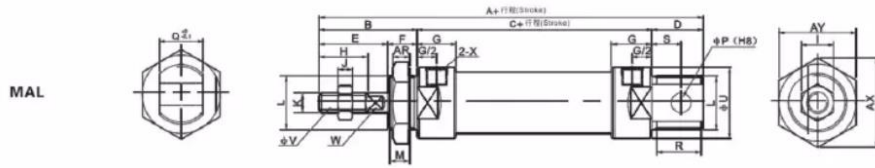


Figura 5: Dimensiones de serie MAL.

Tabla 5: Tabla de relación presión (MPa) - Fuerza (N) de pistones neumáticos Serie MAL.

Criteria for selection: Cylinder thrust

Unit: Newton (N)

Bore size (mm)	Rod size (mm)	Acting type	Pressure area (mm <sup>2</sup> )	Operating pressure MPa							
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	
20	8	Single acting- Push type	314.0	-	12.6	44.0	75.4	106.8	138.2	169.6	
		Single acting- Pull type	263.8	-	2.6	28.9	55.3	81.7	108.1	134.4	
		Double acting	Push-side	314.0	31.4	62.8	94.2	125.6	157.0	188.4	219.8
			Pull-side	263.8	26.4	52.8	79.1	105.5	131.9	158.3	184.6
25	10	Single acting- Push type	490.6	-	29.2	78.3	127.4	176.4	225.5	274.5	
		Single acting- Pull type	412.1	-	13.5	54.7	96.0	137.2	178.4	219.6	
		Double acting	Push-side	490.6	49.1	98.1	147.2	196.3	245.3	294.4	343.4
			Pull-side	412.1	41.2	82.4	123.6	164.9	206.1	247.3	288.5
32	12	Single acting- Push type	803.8	-	76.6	157.0	237.3	317.7	398.1	478.5	
		Single acting- Pull type	690.8	-	54.0	123.0	192.1	261.2	330.3	399.4	
		Double acting	Push-side	803.8	80.4	160.8	241.2	321.5	401.9	482.3	562.7
			Pull-side	690.8	69.1	138.2	207.2	276.3	345.4	414.5	483.6
40	16	Single acting- Push type	1256.0	-	163.1	288.7	414.3	539.9	665.5	791.1	
		Single acting- Pull type	1055.0	-	17.4	122.9	238.4	333.9	439.4	544.9	650.4
		Double acting	Push-side	1256.0	125.6	251.2	376.8	502.4	628.0	753.6	879.2
			Pull-side	1055.0	105.5	211.0	316.5	422.0	527.5	633.0	738.5

Las dimensiones para cada serie de cilindros de la serie MAL están descritas por el largo y ancho del vástago como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 6: Dimensiones con relación de carrera y diámetro del vástago de los cilindros neumáticos serie MAL.

尺寸表 Dimension Sheet															
内径/符号 Bore/Symbol	A	A1	A2	B	C	D	D1	E	F	G	H	I	J	K	
16	114	114	98	38	60	16	16	22	16	10	16	10	5	M6×1	
20	131	122	110	40	70	21	12	28	12	16	20	12	6	M8×1.25	
25	135	128	114	44	70	21	14	30	14	16	22	17	6	M10×1.25	
32	141	128	114	44	70	27	14	30	14	16	22	17	6	M10×1.25	
40	165	152	138	45	92	27	14	32	14	22	24	17	7	M12×1.25	
内径/符号 Bore/Symbol	L	M	P	Q	R	R1	S	U	V	W	X	AR	AX	AY	
16	M16×1.5	14	6	12	14	14	9	21	6	5	M5	6	25	22	
20	M22×1.5	10	8	16	19	10	12	29	8	6	G1/8"	7	33	29	
25	M22×1.5	12	8	16	19	12	12	34	10	8	G1/8"	7	33	29	
32	M24×2.0	12	10	16	25	12	15	39.5	12	10	G1/8"	8	37	32	
40	M30×2.0	12	12	20	25	12	15	49.5	16	14	G1/4"	9	37	41	

Por otra parte, dentro de las modificaciones que se realizaron a la máquina de montar con puntas hidráulicas, se utilizó al microcontrolador de propósito general (Arduino Mega 2560, ver figura 4), el cual tiene las siguientes características:

- 54 entradas/salidas digitales (16 de ellos pueden usarse como PWM).
- 16 entradas analógicas y 4 UART además dos modos PWI y uno SPI.



- Tiene 6 interrupciones externas.
- Es compatible con todos los Shields de Arduino.

Hasta el momento se han realizado muchas de pruebas de funcionamiento y en todas ellas el funcionamiento ha sido exitoso.

### Conclusiones.

A la máquina de montar con puntas hidráulicas se le hicieron las siguientes modificaciones (ver figura 4); **i)** implementación de nuevos elementos neumáticos y **ii)** montaje de un microcontrolador de propósito general, con el objetivo de semiautomatizar el proceso de calzado.

Los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas a la máquina de montar modificada fueron exitosos y adecuados, ya que dicho proceso de montado incrementó la productividad de este y a su vez cumplió con los estándares de calidad requeridos.

En la industria de calzado existe mucha maquinaria que puede ser modernizada con tecnología de vanguardia y por ende lograr mejoras en sus procesos de manufactura.

### Agradecimientos.

Quiero agradecer al **Instituto Tecnológico de Zacatepec** y al Cuerpo Académico de TIC's y Docencia del mismo instituto, por su gran apoyo y orientación para el desarrollo del presente proyecto.

### Referencias

1. Orozco, W. F. (2018). *Propuesta para la mejora de los procesos productivos de zapatos de la fábrica de Calzado Alvarado*. Recuperado el 2 de Octubre de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8881/>
2. Zambrano, L. C. (1985). *MONTAJE MANUAL DE CORTES PARA CALZADO DE HOMBRE*. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5075/1/383\\_montaje\\_manual.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5075/1/383_montaje_manual.pdf)
3. Vicente, R. F. (2015). *ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN EN EL ÁREA DE MONTAJE DE LA EMPRESA DE CALZADO WONDERLAND*. Recuperado el 19 de Octubre de 2019, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10392>
4. Kim, J. Y. (2004). *CAD-Based Automated Robot*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2019, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rob.20040>
5. Saaty, T. L. (1994). *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. Recuperado el 23 de Octubre de 2019, de <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/inte.24.6.19>
6. Bojan Nemec, L. Z. (2006). *Automation in Shoe Assembly*. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de <http://conf.uni-obuda.hu/raad2006/Nemec.pdf>
7. Deppert, W., & Stoll, K. (2000). *Dispositivos neumáticos*. Bogotá: Alfaomega. Kim, J. Y. (2004). *CAD-Based Automated Robot*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2019, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rob.20040>
8. Souza, S. B. (2020). *Estados Unidos Patente n° US20200022459A1*.

### Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN PUESTO Y PERFIL DE LOS EGRESADOS DEL PLAN DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN

**R. Velazquez-Vazquez<sup>1</sup>, M.S. Contreras-Ochoa<sup>1</sup>, B.S. López-Medina<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Economico Administrativas del Instituto Tecnológico de Zacatepec, , [rogaciano.vv@zacatepec.tecnm.mx](mailto:rogaciano.vv@zacatepec.tecnm.mx), Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México, [maria.co@zacatepec.tecnm.mx](mailto:maria.co@zacatepec.tecnm.mx), [brenda.lm@zacatepec.tecnm.mx](mailto:brenda.lm@zacatepec.tecnm.mx).

*Área de participación: Gestión del Talento Humano para la Innovación*

**Resumen:** El trabajo de investigación tuvo como objeto de estudio a los egresados en la carrera de Ingeniería en Administración y empleadores, para analizar la correlación entre el perfil de egreso y el puesto desempeñado por los egresados de la carrera. El informe semestral muestra la metodología empleada y resultados más a detalle de las características analizadas y la correlación entre el perfil de egreso y el puesto, así como las competencias contenidas en los programas de estudio de las asignaturas para la especialidad.

### Introducción.

Los egresados de la carrera de Ingeniería en Administración del Instituto Tecnológico de Zacatepec, y sus empleadores son el objeto de estudio del presente proyecto para determinar si el puesto o actividad que desempeñan está relacionado con el perfil de egreso de la carrera que estudiaron. Con base a lo anterior se estableció como variable de estudio los atributos de egreso de la carrera, contenidos en lo que se llama perfil de egreso del programa educativo, estos atributos, son las competencias que debe estar desempeñando profesionalmente todo egresado y no menos importante es la opinión que tienen los empleadores sobre los egresados que laboran en su empresa. Se diseñó un cuestionario tanto para egresados y empleadores, se diseñaron preguntas cerradas y la opinión de los egresados y empleadores se midió en base a la escala de Likert. La metodología que se propuso originalmente para la recolección de datos fue mediante un trabajo de campo, pero dadas las circunstancias del Covid-19, se tuvo que emplear el correo electrónico y la aplicación para teléfonos móviles "WhatsApp", encuestas aplicadas al objeto de estudio (egresado y empleador) para determinar el porcentaje de coincidencia entre el puesto o actividad que desempeñan los egresados y los atributos de egreso de la carrera de Ingeniería en Administración; estuvo limitado por la pandemia, se muestran los productos obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

El informe muestra información de 38 egresados de los cuales 28 están trabajando, lo cual representa el 74% y al momento se tiene información de 10 empleadores.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Fundamento Teórico:

a.- Teoría del Capital Humano

La teoría fue creada por el año de 1964, por Gary Stanley Becker, y recibiera el premio noble de economía en 1992, establecía que la decisión de invertir en su educación, aunado a la experiencia que desarrollaba aplicando ese conocimiento es parte de su capital humano de las personas. Por lo que la variable educación y formación son inversiones que realizan las personas racionales para incrementar su eficiencia productiva y sus ingresos. La tesis es que muchos trabajadores incrementan su productividad por el aprendizaje de nuevas habilidades y perfeccionan las viejas durante el tiempo que están laborando para una organización. Para Gary Becker, nadie está midiendo el aprendizaje y la formación en términos económicos, es decir la inversión que hacen las empresas en la formación de sus empleados, así mismo la relación educación-productividad, educación-salario o ingresos. Ya que si bien el capital humano está representado por los conocimientos y habilidades aprendidas, que tan rentables son en términos de productividad e ingresos.

b.- Las competencias y sus teorías

Hacia el siglo XXI, los institutos tecnológicos, desarrollan un modelo educativo orientado al desarrollo de competencias. “Hacia el año de 2012 al Modelo del Siglo XXI para los Institutos Tecnológicos de México se le realiza una mejora (DGEST,2012) que se refiere a una serie de planteamientos que constituyen la imagen-objetivo, el deber ser, donde el aprender a aprender, aprender a obtener información, aprender a colaborar, aprender a aplicar conocimientos y aprender a resolver problemas se constituyen en competencias profesionales imprescindibles en una sociedad que demanda profesionistas preparados para solucionar problemas de acuerdo con Bozu y Canto 2009.”<sup>2</sup>

Si bien durante las diferentes capacitaciones recibidas y en el documento del Modelo, se habla de que el sustento teórico de éste, es la teoría del Constructivismo, ya que define “...el aprendizaje como un *proceso espiral* –es decir, en evolución y complejidad ascendente– de carácter sociocultural y psicológico, cuya gestación y desarrollo esenciales requieren del quehacer intelectual, pues de éste depende la incorporación cognitiva de elementos de la realidad, la creación y transformación figurada y real de estructuras y esquemas de pensamiento y acción, llevados de un grado a otro en esa espiral, para la construcción y sistematización del conocimiento.”<sup>3</sup> El Modelo en síntesis establece como tesis que el egresado durante su formación se le prepara para solucionar problemas del contexto en el que se vaya a desarrollar como profesionista, en donde si bien el conocimiento es importante el saber hacer lo es más, ya que es ahí donde se determina si un profesionista es capaz de resolver problemas, aplicando las herramientas, las tecnologías actuales y de vanguardia en el contexto actual, están desplazando al hombre; las competencias las encontramos declaradas en el perfil de egreso de cada carrera, la cual se transforma en la principal variable de estudio, analizando la coincidencia de este con el empleo o actividad que está desarrollando el egresados, y no menos importante las competencias de emprendimiento, habilidades socio comunicativas, entre otras.

La intencionalidad del Modelo es bueno, merece estudio aparte, otro actor importante, el docente para analizar si su práctica va en sintonía con lo declarado en el Modelo propuesto que se ha anticipado el gran reto 2020, que es formar profesionistas

competentes, con el talento, para usar las nuevas tecnologías, herramientas y equipos, demandas sociales y económicas de empleadores y sociedad.

Ya que a lo señalado los estudios Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP), se tiene la duda si los perfiles están de acuerdo al mercado de trabajo. Esto hace aun más interesante el presente estudio en su justificación social. Además deben ser analizadas las inversiones en tecnologías y herramientas en los planteles, para saber si ¿van acorde al avance del contexto actual? O quizás se están formando profesionistas de manera artesanal, siendo esta una oligofrenia causada por una genuflexión a intereses superiores, que van más allá de las fronteras.

Las teorías en las que se sustentan las competencias son:<sup>4</sup>

a) Enfoque conductista, aquí las competencias son definidas en función de las conductas esperadas dentro del mercado de trabajo, estas conductas en educación se llamaron Objetivos Pedagógicos, las competencias están orientadas a ser. Por ejemplo, ser ético y responsable, que las acciones que emprendan sean socialmente responsables, son ejemplos de competencias.

b) Enfoque funcionalista, estas competencias están más orientadas al hacer, es decir que el capacitado o formado sea capaz de realizar una tarea, como operar un torno, emplear una herramienta, operar un equipo de cómputo, manejo de las TICS.

c) Enfoque constructivista. “El enfoque constructivista otorga una gran importancia al modo en que se adquiere la competencia en el contexto de resolución de las tareas y, especialmente, al dominio que las personas adquieren para movilizar adecuadamente todos los integrantes de la competencia. Este enfoque rechaza la separación entre competencia y de la norma, por una parte, y la implementación de una estrategia de capacitación, por la otra. Desde este enfoque se enfatiza mucho los elementos cognitivos presentes en toda competencia y se ha subrayado la necesidad de incorporar el concepto de metacompetencia”.<sup>5</sup>

d) Al revisar esta concepción nos evoca al Modelo Educativo de los Institutos Tecnológicos, en donde el desarrollo de competencias se basa en los pilares del saber, el saber ser, el saber hacer, el saber convivir, este último es lo que algunos han llamado como aprendizaje social, en el sentido que se aprende viendo, haciendo, lo que otro hace, y el concepto de “metacognición”.

### c. Capacidades del egresado

Si en el perfil de egreso de una carrera podemos identificar las capacidades que desarrollara en un contexto determinando un egresado de una carrera profesional, la definición del perfil de egreso merece ser cuidadosamente definido por las escuelas que ofertan profesionistas, que resolverán los problemas que el empleador o sociedad demandan.

Para ello se deben contestar las siguientes preguntas que José Antonio Arnaz<sup>6</sup> propone en su guía para la elaboración del perfil de egresado, se resaltan las siguientes que tienen que ver con la variable o tema de investigación de la presente propuesta:

-¿En qué sector, rama de actividad y tipo de organización humana se puede situar el ámbito ocupacional previsible del egresado, de acuerdo a las necesidades que se busca atender?

-¿Cuáles son las funciones principales que deberá ser capaz de desempeñar el egresado en su ámbito ocupacional, para ser satisfactor adecuado de las necesidades que se busca atender?

-¿Qué conocimientos y metodologías, genéricamente descritos, se requiere para desempeñar adecuadamente cada una de las funciones descritas en la respuesta a la pregunta primera?

Para Arnaz es una descripción de las características que se requieren del profesional para abarcar y solucionar las necesidades sociales. Este profesional se formará después de haber participado en el sistema de instrucción.

#### d-. Elaboración de un perfil profesional

De acuerdo con Frida Diaz-Barriga Arceo y Ma. De Lourdes Lule Gonzalez<sup>7</sup>, en su libro titulado “Metodología de Diseño Curricular para Educación Superior”, que la metodología para abordar el diseño curricular son los siguientes:

Etapas 1.- Fundamentación de la carrera profesional, mediante investigaciones del sector social o empresarial se identifican las necesidades que justifiquen las carreras, si esta o la disciplina es la adecuada, y que existe un mercado ocupacional para quienes la estudian.

Etapas 2.- Elaboración del perfil profesional, mediante la investigación de los conocimientos, técnicas y procedimientos de disciplina aplicables a la solución de los problemas que van a resolver los egresados, se desarrolla el perfil de egreso.

Etapas 3.- Organización y estructura curricular, aquí se determinan los conocimientos y habilidades requeridas para alcanzar los objetivos específicos señalados en el perfil de carrera.

Etapas 4.- Evaluación continua del currículo. Mediante evaluaciones de tipo interno y externo, se evalúa de la pertinencia de perfil y su curricular, se determina su vigencia y actualidad.

De acuerdo a lo citado, el presente estudio, en su contexto de investigación educativa, va evaluar el currículo y el perfil del egresado, al analizar la relación puesto-perfil de egreso.

#### e.- Los talentos del siglo XXI

De acuerdo con Cristina Mejias para la búsqueda y selección de recursos humanos visto desde la perspectiva de los empleadores, ya que ella como HeadHunter, considera que las empresas buscan personal que quiera crecer con ellos y que la “versatilidad es una

de las cualidades más importantes que se busca en los recursos humanos”.<sup>8</sup> Y presenta una base genérica para la selección por competencias:

1.- Pensamiento Estratégico. 2.- Pensamiento Analítico. 3.- Orientación al cliente. 4.- Respuesta al exterior. 5.- Orientación a resultados. 6.- Instinto de Negocios. 7.- Orientación a la calidad. 8.- Orientación al cambio. 9.- Liderazgo. 10.- Trabajo en equipo. 11.- Capacidad de influenciar. 12.- Desarrollador.

f.- Seguimiento de egresados

El seguimiento de Egresados sirve para incorporar mejoras en el Proceso Educativo, especialmente en los planes y programas de estudio, que incremente la efectividad institucional, a través de la recopilación y análisis de información sobre el desempeño profesional y personal de los egresados, así como de los requerimientos de los sectores empleadores. Los responsables del seguimiento de egresados deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:<sup>9</sup>

1.- Conocer si las IES han realizado trabajos previos en el tema de seguimiento de egresados. 2.- Considerar la percepción que los egresados tienen respecto a la institución de egreso. 3.- Tener un sistema de seguimiento de egresados de forma sistemática. 4.- Avalar la información obtenida y sociabilizarla con las partes interesadas. 5.- Contar con base de datos actualizada de egresados.

## **Resultados y Discusión.**

Con relación al objetivo general, con la metodología desarrollada, el 89% considera que de los 16 elementos contenidos en el perfil de egreso de la carrera de ingeniería en Administración, 4 elementos están por debajo del 60% que está de acuerdo o totalmente de acuerdo en que esos elementos los desempeñan en las actividades de su puesto como son las actividades de consultoría, emprendimiento, modelos de negocios y sustentabilidad.

Objetivos Específicos:

Se determinó que proporción de egresados realizan un trabajo subordinado, que es del 79%. Con relación al grado de satisfacción de los egresados con la carrera de ingeniería en Administración el 89% está satisfecho.

Así mismo se ha identificado que porcentaje de los atributos de egreso desempeñan los egresados en Ingeniería en Administración que permita presentar alternativas; además de presentar la interpretación de fortalezas y debilidades, recomendaciones, posibles áreas de especialización y conocimiento de aportación al perfil.

De igual manera es importante para los egresados porque les permite conocer el contexto real del puesto o de trabajo y combinar los conocimientos teóricos con el puesto. Y además es muy significativo para las empresas porque podrán obtener candidatos mejor calificados.



Esto lleva a otra consideración de enorme importancia, la cual nos dice que la formación profesional no es una responsabilidad exclusiva de los centros educativos sino también de las empresas, ya que estas mismas, colaboran en la formación inicial de los jóvenes, es decir, que este trabajo es importante tanto para el instituto para encauzar sus esfuerzos en las exigencias del entorno empresarial.

Tabla 2. Número de egresados con los que se cuenta con información. Coordinación de la carrera de Ingeniería en Administración. Responsable de su elaboración MA Brenda Selene López Medina. Fecha de creación 23 de abril de 2020.

Cohorte generacional	Número	Total de egresados	% con información
2013	2	70	3%
2014	18	54	33%
2015	18	29	62%
Total	38	153	25%

Tabla 3. Del análisis disciplinar realizado a los programas de estudio o asignaturas se identificaron las siguientes competencias, las cuales se usaron como atributos de egreso de la carrera con los empleadores.

1	Toma de decisiones
2	Uso de TICS
3	Capacidad oral y escrita
4	Trabajo en equipo
5	Capacidad de análisis
6	Capacidad de diseño
7	Ética
8	Emprendimiento
9	Pensamiento Lógico matemático

## Conclusiones.

El Instituto Tecnológico de Zacatepec se ha caracterizado por formar estudiantes con calidad en el desarrollo de las competencias y formación de profesionales, sin embargo se requiere poseer información que vincule la educación con las demandas empresariales y los egresados de sus carreras, sobre el conjunto de habilidades y conocimientos que el estudiante necesita, domine y demuestre después de completar un programa de estudios. La educación y el trabajo son hoy dos elementos estrechamente vinculados, y la necesidad de enlazar educación y actividad económica se ha reforzado mucho en los últimos años, el perfil de egreso pasa a ser un conjunto de realizaciones profesionales, que expresen los logros o resultados esperados de las personas en las situaciones de trabajo lo que hacen mayormente inevitable que su preparación sea integral y en gran parte práctico, que disponga de un alto grado de vivencial de interacciones diversas que lo conviertan en una persona cada vez más competente y eficaz. Esto sin duda dara los argumentos necesarios para mantener, mejorar o rediseñar los planes y programas de estudio de la carrera de Ingeniería en Administración.

Misma importancia conlleva a las instituciones a dar un seguimiento a los egresados permitiendo orientar y aportar a los programas estrategias y directrices que permita la transferencia de conocimientos, en beneficio de ambos.

### **Agradecimientos.**

A los egresados de la carrera de Ingeniería en Administración sin su apoyo no hubiera sido posible esta investigación.

A los empleadores que han aportado información importante de las necesidades actuales.

### **Referencias**

1. Universia Página Web (2016). El futuro laboral depende de estas dos habilidades. Universia España. Recuperado en 27 de agosto de 2019 de <http://noticias.universia.es/practicas-empleo/noticia/2016/09/15/1143631/futuro-laboral-depende-dos-habilidades.html>
2. ManpowerGroup Página Web (2018). Encuesta Escasez de talento 2018. Recuperado de <https://www.manpowergroup.com.mx/estudios-e-investigaciones/escasez-de-talento-2018>
3. ManpowerGroup Página Web (2018). Resolviendo la escasez de talento en Mexico. Recuperado el 30 de agosto de 2019 de [https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/db65d29b-c8d3-46e9-9af5-fed9ef38a9d0/MG\\_EscasezdeTalentoMexico2018.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=db65d29b-c8d3-46e9-9af5-fed9ef38a9d0](https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/db65d29b-c8d3-46e9-9af5-fed9ef38a9d0/MG_EscasezdeTalentoMexico2018.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=db65d29b-c8d3-46e9-9af5-fed9ef38a9d0)
4. Burgos Flores, Benjamín, & López Montes, Karla. (2010). La situación del mercado laboral de profesionistas. *Revista de la educación superior*, 39(156), 19-33. Recuperado en 27 de agosto de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602010000400002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602010000400002&lng=es&tlng=es).
5. Centro de Estudios Sociales y Opinión Pública (2017). La Educación en México: Realidades y Perspectivas. Recuperado el 31 de agosto de 2019 de <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/camara/Centros-de-Estudio/CESOP/Estudios-e-Investigaciones/Estudios>
6. Destinobles, Andre Gerald (2019). El capital humano en las teorías del crecimiento económico. Recuperado el 30 de agosto de 2019 de <https://books.google.com.mx/books?id=ATK3yacslb8C&pg=PA21&dq=gary+Becker+teoria+del+capital+humano&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjO74WRkqzkAhVOPq0KHQshDNAQ6AEIOzAD#v=onepage&q=gary%20Becker%20teoria%20del%20capital%20humano&f=false>
7. Gamino Carranza, Arturo & Acosta González, Mara Grassiel (2016). Modelo Curricular del Tecnológico Nacional de México. *Revista Electrónica Educare*. 20(1). Recuperado el 31 de agosto de 2019 de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1941/194143011010/html/index.html>

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## DIFUSIÓN DE LA PRODUCCIÓN ACADÉMICA CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN UNA IES, COMO ESTRATEGIA PARA INCREMENTAR LA PARTICIPACIÓN DE ALUMNAS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

K.A. Jiménez-Martínez<sup>1</sup>, K. Calcáneo-Flores<sup>1</sup>, J.L. Cordero-Rivera<sup>1</sup>, J. De Los Santos-Mijangos<sup>1</sup>,  
B.R. Zamudio-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México campus Coatzacoalcos, Veracruz. México.- [kjimenezm@itesco.edu.mx](mailto:kjimenezm@itesco.edu.mx), [isic16.kcalcaneof@itesco.edu.mx](mailto:isic16.kcalcaneof@itesco.edu.mx),  
[isic16.jcorderor@itesco.edu.mx](mailto:isic16.jcorderor@itesco.edu.mx), [isic16.jdelossantosm@itesco.edu.mx](mailto:isic16.jdelossantosm@itesco.edu.mx)

<sup>2</sup>División de Ingeniería Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Coatzacoalcos, Veracruz. México [bzamudior@itesco.edu.mx](mailto:bzamudior@itesco.edu.mx)

**Área de participación:** Gestión del Talento Humano para la Innovación

**Resumen:** La realización del presente estudio tiene como objetivo mostrar la relación que existe entre la escasa difusión del trabajo de las mujeres en proyectos de investigación y la cantidad de alumnas y docentes que participan en esta área en una institución de educación superior (IES). Hoy en día el papel de la mujer en la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas ha aumentado con el desarrollo de nuevos proyectos y horizontes en estas disciplinas. El empoderamiento de mujeres en todos los ámbitos va en aumento, se ha conseguido avanzar y hay cada vez mayor reconocimiento a las mujeres por la labor que realizan aportando su conocimiento y esfuerzo en beneficio de nuestra sociedad, sin embargo, los prejuicios y estereotipos siguen intentando restar el trabajo que realizan niñas y mujeres en diversos ámbitos de la sociedad. Como primera etapa de este proyecto se busca describir el conocimiento de alumnas del Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos (ITESCO) sobre los proyectos de investigación que se realizan en la institución a través de encuestas, para de ahí partir y diseñar una plataforma web que permitirá difundir toda la producción académica de nuestras investigadoras como una fuente de motivación e inspiración para las estudiantes, lo que permitirá incidir en la generación de proyectos de innovación tecnológica y de impacto social.

### Introducción.

El proyecto surge en el contexto de la poca participación que tienen las mujeres mexicanas en proyectos de investigación tecnológica, de acuerdo a Movimiento STEM (2019) México solo el 38% de mujeres mexicanas participa en carreras relacionadas con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, STEM por sus siglas en inglés (Science, Technology, Engineer, Mathematics), por lo que su fundadora Graciela Rojas menciona que "No hay diferencias en la capacidad de ambos géneros, no se trata de algo biológico, sino sociocultural, por un aprendizaje donde la mujer no se ve identificada para seguir estas áreas de estudio, porque no tiene modelos mujeres y el contexto histórico no es propicio para su incorporación". La situación mencionada, constituye un problema cultural y educativo: las familias, las comunidades, las instituciones no hacen énfasis suficiente en las capacidades de las mujeres para destacar en dichas áreas. Las escuelas desempeñan un papel crucial en generar el interés de las niñas y jóvenes por las áreas relativas a la ciencia y la tecnología, así como en proporcionar igualdad de oportunidades para que accedan a una educación de calidad vinculada a estas disciplinas. Los docentes, los contenidos de aprendizaje, los materiales y el equipamiento, las herramientas y los métodos de evaluación adecuados, así como el entorno de aprendizaje y el proceso de socialización en las escuelas son elementos decisivos para garantizar el interés y la participación de las niñas y jóvenes en los estudios vinculados con la ciencia y la tecnología. Los logros de los Objetivos de

Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, en particular los que afectan a la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres, requieren cambios transformadores, enfoques integrados y soluciones innovadoras. Al llevar a cabo el desarrollo de una plataforma web para difusión con perspectiva de género de la producción académica en el ITESCO, permitirá contribuir a alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 5 Igualdad de género, utilizándola como una herramienta para dar a conocer diversas actividades realizadas por alumnas en las diferentes carreras de ingeniería que imparte la institución, así como involucrarse en el desarrollo de proyectos de investigación y la oportunidad de colaborar con las maestras investigadoras, aumentando la participación de alumnas y docentes en proyectos al visibilizar el trabajo de las investigadoras del Instituto Tecnológico Superior de Coahuila, promoviendo el trabajo colaborativo y las vocaciones científicas entre las estudiantes de nivel superior y medio superior.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El escaso número de mujeres que se vinculan con carreras y profesiones relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, llamadas comúnmente STEM por sus siglas en inglés (*Science, Technology, Engineer, Mathematics*), es uno de los grandes focos de debate y una problemática a resolver para alcanzar las metas de los Objetivos del Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (Agenda 2030). Según datos de la UNESCO de 2019, solamente 28% de las personas que hacen investigación en STEM son mujeres. En los grados de inicio en las instituciones de educación superior, el acceso de mujeres a la educación científica se ha acercado a la paridad, sin embargo, es en la permanencia y promoción donde se enfrentan a mayores dificultades. Los datos del sistema científico, tanto a nivel mundial como nacional, muestran que a lo largo de la carrera las mujeres son menos representadas en los niveles superiores y por lo tanto en los ámbitos de toma de decisiones. Es de destacar que, en el mundo, esta distribución se ha mantenido invariable en las últimas décadas, por lo que se hace aparente que se requerirán acciones específicas para modificarla. De acuerdo a los resultados de la convocatoria del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en México del año 2020, se ve reflejada la brecha de género, principalmente en los niveles superiores, como se muestra en la siguiente gráfica.



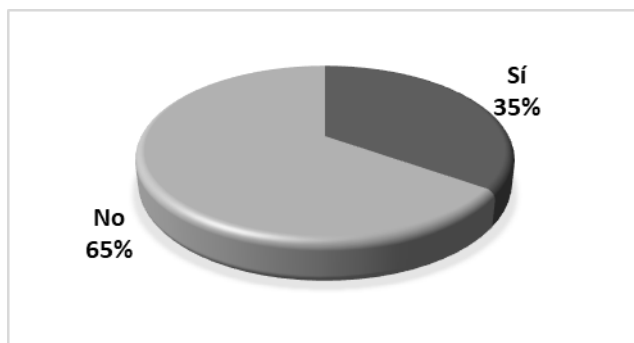
Figura 1 Porcentaje de investigadoras por nivel del Sistema Nacional de Investigadores en el año 2020. (Elaboración propia con datos CONACYT)

Como se puede observar en la figura 1, el sesgo es evidente en todas las áreas de investigación del SNI y el sesgo es mayor conforme aumenta el rango del SNI. En algunas ramas de investigación, el porcentaje de mujeres en los rangos mayores es menor al 10%. La población de mujeres en el mundo es del 51% y es evidente que el porcentaje de mujeres está muy por debajo del 51% en todos los rangos y el porcentaje decrece conforme el rango del SNI aumenta. Sólo un tercio de los investigadores del máximo nivel son mujeres.

Al elaborar este proyecto se ha determinado que la primera etapa tiene un alcance descriptivo ya que se recabaron datos sobre la cantidad de alumnas y docentes que participan en proyectos de investigación, así como la información que conocían sobre las actividades que realiza nuestro instituto que se relacionan con proyectos de investigación. En la segunda etapa se presentará un alcance correlacional ya que al implementar la plataforma de difusión se espera incidir en la cantidad de alumnas y docentes que participan en proyectos de investigación. El diseño de la investigación es longitudinal de evolución de grupo ya que se dará seguimiento en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales a todas las jóvenes participantes en el estudio, comprobando que se motiven o no a participar en proyectos de investigación.

## Resultados y Discusión.

A continuación, se presentan gráficas de los resultados de las encuestas realizadas a alumnas la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITESCO. Esto con el objetivo de identificar situaciones de estereotipos de género al decidir estudiar una ingeniería y sobre el uso de la plataforma web como una herramienta de colaboración para la investigación. Dado que hay una baja cantidad de alumnas, se cuestionó sobre si alguna de ellas tuvo comentarios de estereotipos de género al seleccionar su carrera. Por fortuna podemos observar que la mayoría no, pero aún se tiene un 35% tuvo comentarios ofensivos respecto a elegir una carrera de ingeniería.

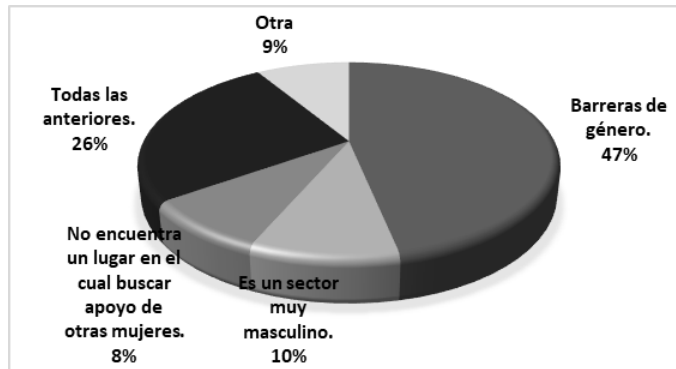


**Figura 2** Porcentaje de alumnas encuestadas que ha recibido comentarios de estereotipos de género. (Elaboración propia)

Al 35% que anteriormente respondió afirmativamente se les pidió elegir alguna de las opciones mencionadas en la encuesta o se les dio la oportunidad de escribirla quedando de la siguiente forma: “Me dijeron que estudiara cosas asociadas al rol femenino como Enfermería o Medicina, no carreras técnicas” 20%, “Me dijeron que no tendría éxito pues las ingenierías son para los hombres” 18%, “Muchos otros comentarios de estereotipos

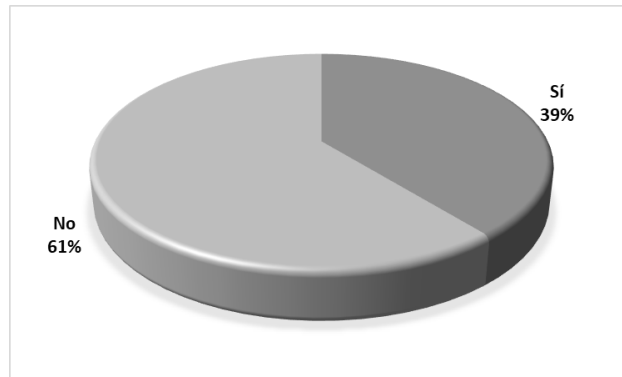
de género” 33%, Otro 29% como: “Más que fueran para hombres, me dicen que es más difícil crecer en esta carrera, ya que me puedo encontrar con que algunos hombres sean egoístas en el ámbito laboral”.

Sin duda alguno hay diversos motivos por los cuales hay más hombres que mujeres en la ingeniería, se cuestionó a las estudiantes de ITESCO sobre cuál creen que es el motivo siendo que un 47.7% piensa que es debido a las barreras de género, un 25.6% considera que son todas las opciones proporcionadas en la encuesta, un 10% piensa que es un sector muy masculino, un 8.9% no encuentra un lugar en el cual recibir apoyo de otras mujeres, un 9% da otras razones como por ejemplo que son por “Los ideales inculcados” de que “Es cosa de hombres”, entre otras.



**Figura 3 Razones por las que consideraron las encuestadas que hay menos participación de las mujeres en la ingeniería. (Elaboración propia)**

Uno de los motivos que llevaron a la creación de la plataforma fue, que no hay muchos modelos femeninos conocidos en las disciplinas STEM, por lo cual se cuestionó a las estudiantes si conocían a mujeres destacadas en alguna de estas disciplinas. Un 61% de las estudiantes no conoce ningún modelo femenino destacado en las disciplinas STEM mientras un 39% por lo menos de 1 a 3.



**Figura 4 Conocimiento de mujeres destacadas en áreas STEM. (Elaboración propia)**

Otro de los motivos que impulso la creación de esta plataforma es motivar a las estudiantes a participar en proyectos de investigación, como se observa existe un 60% que definitivamente quiere participar en estos proyectos de investigación y un 40% que se encuentra un poco insegura aún.



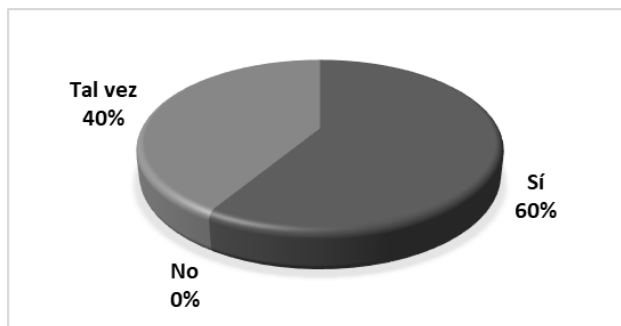


Figura 5 Motivación para participar en proyectos de investigación. (Elaboración propia)

Al cuestionar a las alumnas si utilizaran esta plataforma para desarrollar un proyecto con una investigadora, la gráfica muestra que un 59% se encuentra dispuesta y un 41% aún no se siente muy animada a participar, pero se encuentra interesada.

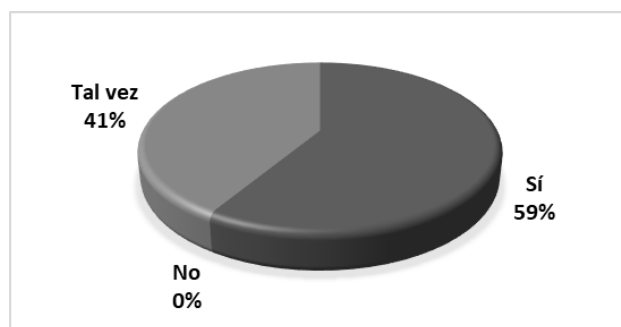


Figura 6 Utilización de la plataforma para participar en proyectos de investigación. (Elaboración propia)

A continuación, se muestran las pantallas de la plataforma web de difusión del trabajo de las investigadoras docentes y alumnas del ITESCO, a través de la cual se espera que las alumnas conozcan el trabajo de mujeres cercanas a su entorno y con ello puedan identificarse para participar en proyectos de investigación, aumentando con ello la productividad académica de esta institución de educación superior.

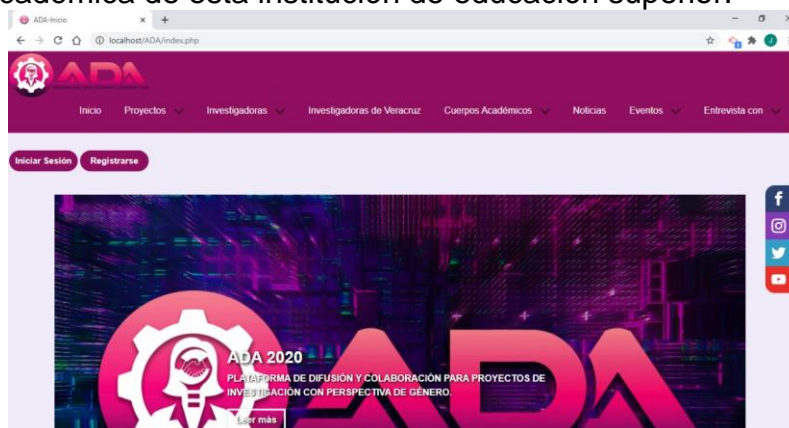


Figura 7 Pantalla principal de la plataforma web. (Elaboración propia)

Las secciones que pueden explorar las alumnas y docentes que ingresen a la plataforma son:



Figura 8 Sección proyectos

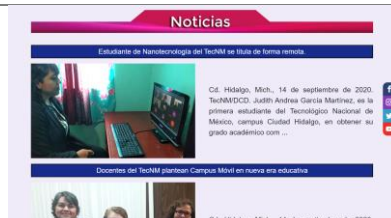


Figura 9 Sección Noticias

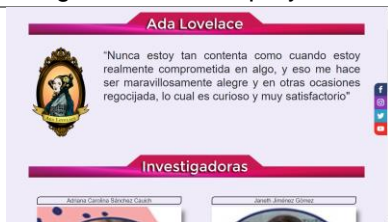


Figura 10 Sección Investigadoras

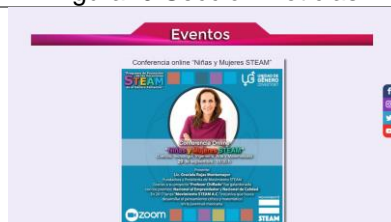


Figura 11 Sección eventos



Figura 12 Sección Investigadoras de Veracruz



Figura 13 Sección Entrevistas

## Conclusiones.

La plataforma web busca contribuir a visibilizar la labor que realizan las investigadoras en el ITESCO, ser una herramienta de ayuda para incrementar el número de alumnas que participan en proyectos de investigación promoviendo el desarrollo de las vocaciones científicas, motivando a más mujeres a sumarse y apoyar a otras mujeres que ya forman parte de estas áreas construyendo un tejido social de trabajo colaborativo. Esta plataforma permite a su vez, dar a conocer el cambio y trabajo del que es parte nuestra institución contribuyendo al empoderamiento de las mujeres y visibilizar el esfuerzo que cada una de ellas realiza impactando en el camino dos ODS de la Agenda 2030: el ODS 5 Equidad de género y el ODS 17 Alianzas para lograr objetivos.

Es una plataforma que tendrá impacto no solo en las alumnas y las docentes de ITESCO sino que a lo largo de su futura implementación también llegará a niñas y mujeres de otros niveles educativos, siendo un detonante para proyectos de innovación tecnológica y social. Generando un cambio institucional hacia la igualdad de género y el desarrollo de habilidades científicas a través de un cambio estructural en el área de investigación.

## Agradecimientos.

Al Dr. Bulmaro Salazar Hernández, titular de la Dirección General del ITESCO por su apoyo y confianza en la realización de este proyecto.

A la Ing. Miriam Crisanto Zetina, titular de la Jefatura de División de Ingeniería en Sistemas Computacionales por todo el apoyo en las gestiones necesarias para la realización del presente proyecto.

## Referencias

1. Nadal, M. (2020). El estudio que determina que las mujeres científicas subestiman su trabajo. Recuperado 02 Abril 2021, de [https://retina.elpais.com/retina/2020/01/10/talento/1578660909\\_768955.html](https://retina.elpais.com/retina/2020/01/10/talento/1578660909_768955.html)
2. Stadler, M. (2020). Mujeres con ciencia. Un blog de la Cátedra de Cultura Científica de la UPV/EHU. Recuperado 29 Septiembre 2020, de <https://mujeresconciencia.com/>
3. United Nations. (s. f.). Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia Naciones Unidas. Recuperado 19 de septiembre de 2020, de <https://www.un.org/es/observances/women-and-girls-in-science-day>
4. UNESCO. (2019). *Descifra en código* [Ebook] (1ra ed.). PARIS. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649>
5. Estadísticas. (2021). Recuperado el 2 Abril 2021, de <https://www.siicyt.gob.mx/index.php/estadisticas>
6. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. (2019). *La perspectiva de género en el sector de ciencia, tecnología e innovación* [Ebook] (1ra ed.). Ciudad de México. Recuperado de <https://movimientosteam.org/wp-content/uploads/2021/01/La-Perspectiva-de-Genero-en-el-sector-de-Ciencia-Tecnologia-e-Innovacion.pdf>
7. Gras, M. (Coord), Alí, C. Estrategia Educación STEM para México. Visión de Éxito Intersectorial del Eje Estratégico Educación STEM - Inclusión con Perspectiva de Género y foco en Mujeres. CDMX: México. Movimiento STEAM.

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## EVALUACIÓN DEL TRABAJO EN EQUIPO EN EMPRESAS DE CIUDAD CARDEL, VERACRUZ

**D. Melgarejo-Galindo<sup>1</sup>, L. Melgarejo-Galindo<sup>2</sup>, J. Müller-Tejeda<sup>3</sup>, R. J. Castro-Lara<sup>4</sup>, J. Méndez-Montejo<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván - Carretera Cardel Chachalacas km 4.5 - [doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx](mailto:doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx) <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván - [laida.mg@ugalvan.tecnm.mx](mailto:laida.mg@ugalvan.tecnm.mx)

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván - [jerson.mt@ugalvan.tecnm.mx](mailto:jerson.mt@ugalvan.tecnm.mx) <sup>4</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván - [rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx](mailto:rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx) <sup>5</sup>Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván - [doremg@hotmail.com](mailto:doremg@hotmail.com)

**Área de participación:** *Gestión del talento humano para la innovación.*

**Resumen:** En la actualidad el trabajo en equipo es fundamental en las empresas, ya que como sistema, cada uno de los miembros que la integran (trabajadores) realizan funciones específicas, las cuales en la mayoría de los casos deben desempeñarse de manera compartida y organizada para que se realicen adecuadamente y se obtengan los mejores resultados, que contribuyan al logro de los objetivos individuales, de áreas o departamentos y toda la organización. En el caso de las empresas de ciudad Cardel, Veracruz, que buscan el posicionamiento y crecimiento en el mercado, es necesario que tengan adecuado funcionamiento al interior de las mismas, el cual en gran medida se logra por el trabajo en equipo de sus miembros, lo que propició la presente investigación, cuyo objetivo es evaluar el trabajo en equipo en las empresas de la ciudad, y con ello, obtener información de referencia para el diseño de estrategias para mantener o mejorar la forma actual de trabajo. La investigación es descriptiva, ya que este tipo de investigación, se soportar principalmente en técnicas como la encuesta,... y la revisión documental (Bernal, 2010), así mismo, se considera un estudio transversal "...en un tiempo determinado y en una población específica." (Álvarez Hernández & Delgado De la Mora, 2015), para lo que se diseñó y aplico un cuestionario con el que se espera obtener información para el logro del objetivo y evaluación de la hipótesis.

### Introducción.

"El trabajo en equipo existe desde el principio de la humanidad. Se basa en la constatación de que cuando las personas se unen en torno a un fin común, alcanzar ese fin es más sencillo. El trabajo en equipo está en todos los ámbitos de nuestra vida y en el laboral es especialmente importante. La forma en la que los miembros de una empresa trabajan en relación a un objetivo común es clave para el éxito." (Watchandact, 2018)

La importancia del trabajo en equipo en las empresas radica principalmente en que puede incrementar la capacidad en el desempeño de funciones del equipo, así como, la reducción de tiempo en el desarrollo de trabajo y la optimización de recursos; además, tener un mayor abordaje de situaciones o problemas que se presenten, al tener puntos de vista diferentes de cada miembro del equipo, así como sus respectiva solución o abordaje, de las cuales seleccionar la mejor opción.

Sin embargo la falta o inadecuado trabajo en equipo en las empresas puede generar problemas de comunicación, metas u objetivos diferentes o poco claras, dificultad o atraso en el desarrollo de actividades o de los procesos, duplicidad de funciones, entre otros, que puede obstaculizar el logro de los objetivos organizacionales y propiciar el

quiebre de la empresa. En el caso específico de las empresas de Ciudad Cardel, Veracruz, que buscan posicionarse y lograr un mayor crecimiento en el mercado, es necesario que tengan adecuado funcionamiento al interior de las mismas, lo que derivó la conveniencia la presente investigación, la cual tiene como finalidad evaluar el trabajo en equipo en tales empresas, y en función de ello, determinar si existe la necesidad del diseño de estrategias tendientes a mejorar dicho trabajo para evitar problemas como los antes mencionados o el que las organizaciones mantenga buen trabajo en equipo, que pudiera estarse presentando.

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

El trabajo de equipo es un tema de interés para las personas y las organizaciones, motivo por el cual, muchos autores han buscado definirlo, tal como (Rivas Tovar, 2010), el cual indica que “El equipo de trabajo es el conjunto de personas asignadas o autoasignadas, de acuerdo a habilidades y competencias específicas, para cumplir una determinada meta bajo la conducción de un coordinador”.

Así mismo, el trabajo en equipo se trata de un pequeño número de personas que con conocimientos y habilidades complementarias, unen sus capacidades para lograr determinados objetivos y realizar actividades orientadas hacia la consecución de los mismos. (Ander-Egg & Aguilar, 2001).

Al ser el trabajo en equipo un tema de interés no solo para la sociedad, sino también para las empresas, ha convertido de un tema de interés para la investigación, tal como es el caso de la obra “Competencia de trabajo en equipo: definición y categorización” en la que se hace mención que “*Trabajar en equipo, requiere la movilización de recursos propios y externos, de ciertos conocimientos, habilidades y aptitudes, que permiten a un individuo adaptarse y alcanzar junto a otros en una situación y en un contexto determinado un cometido.*” (Torrelles Nadal, Coiduras Rodríguez, & Isus, 2011)

Así mismo, (Ayoví Caicedo, 2019) en su estudio “Trabajo en equipo: clave del éxito de las organizaciones” indica sobre el trabajo en equipo que:

*Quando los directivos de la organización a que pertenecemos nos orientan que hay que trabajar en equipo, esto implica aplicar inteligentemente nuestras capacidades, aprovechando las potencialidades propias y de nuestros compañeros, y la oportunidad de crecimiento personal y de conjunto es innegable que esta novedosa forma de trabajar actualmente reporta dividendos tanto individual como colectivo, es decir para la organización o empresa: con aumento de la productiva, menos conflictos, un clima laboral satisfactorio en que todos, dirigentes y trabajadores trabajan armónicamente y obtienen los logros esperados con eficiencia, calidad y satisfacción de los clientes, tanto internos como externos.*

También en la investigación titulada “Las claves para el trabajo en equipo” se hace referencia que “*Aprender a trabajar de forma efectiva como equipo requiere su tiempo, dado que se han de adquirir habilidades y capacidades especiales necesarias para el desempeño armónico de su labor.*” (Guerrero Armas, 2009).



Sin embargo, no solo se han realizado investigaciones tendientes a la definición y aspectos del trabajo en equipo, sino también, a su evaluación, como en la titulada “La evaluación de la competencia “trabajo en equipo” de los estudiantes universitarios.” en la que se indica: El estudio puede concluir que los estudiantes universitarios no tienen adquirida la competencia de trabajo en equipo en toda su globalidad; si bien es cierto, que se atisba la adquisición de algunas dimensiones de la competencia. Pero resulta necesario considerar la formación como una alternativa para ayudar a mejorar el nivel de adquisición de la competencia de trabajo en equipo. (Georgina París , Mas Torelló, & Torrelles Nadal, 2016). Por su parte, (Estrada Mejía, 2011) indica que *“El desempeño en equipos de trabajo dentro de la empresa, permite incrementar la productividad y por ende facilitar una mejor competitividad en el mercado a fin de obtener la sostenibilidad de la empresa”*.

Derivado de la importancia el trabajo en equipo no solo en la vida cotidiana, sino en las empresas, como parte esencial para el desarrollo de las actividades y el buen funcionamiento integral, que propicien el logro de los objetivos organizacionales, el desarrollo y crecimiento de las empresas, que deriva la conveniencia de la presente investigación, cuya finalidad, es evaluar el trabajo equipo en las empresas de la ciudad y con ello, obtener información de relevancia, generar recomendaciones a las organizaciones, que sirvan de referencia para el diseño de estrategias tendentes a mejorar o dar solución a los problemas que se presentan en el lugar, que pudieran hacerse extensivo en otras empresas u oficinas con características o situaciones. El estudio parte de la pregunta de investigación *¿Cómo es el trabajo en equipo en empresas de ciudad Cardel, Veracruz?* a la que se buscó dar respuesta. Considerando la pregunta de investigación se estableció como objetivo de investigación: *“Evaluar el trabajo en equipo en empresas de ciudad Cardel, Veracruz.”* Y como hipótesis: *“El trabajo en equipo es bueno en las empresas de ciudad Cardel, Veracruz.”*

En función de la identificación del problema, el objetivo planteado y al derivarse la presente investigación del proyecto Factores de productividad en las MIPYMES de la zona centro del estado de Veracruz, desarrollado por los docentes integrantes del cuerpo académico del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITURG-CA-4), posee un método cuantitativo, debido a que se estudiará fenómenos susceptibles de cuantificación y utilizará pruebas estadísticas para el análisis (Lara Muñoz, 2013) de los datos.

El estudio se inicia con una investigación documental, la cual consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio. (Bernal, 2010)

Así mismo, la investigación se considera descriptiva, ya que se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010), como en este caso, el de identificar y describir los factores de productividad del personal de *MIPYMES de la zona centro del estado de Veracruz*, dentro de los que se encuentra el Trabajo en Equipo. También se considera descriptiva, ya que este tipo de investigación, se soportar principalmente en técnicas como la encuesta,... y la revisión documental (Bernal, 2010),



y el estudio de campo de la presente investigación se desarrolla en Ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz, en el que se utiliza técnica la encuesta y se diseñó como instrumento de medición un cuestionario integrado por preguntas, de opción múltiple, de escala de calificación y preguntas abiertas, que se aplicó a una muestra empresas del lugar de estudio durante en un tiempo específico, por lo cual, se considera un estudio transversal "...en un tiempo determinado y en una población específica." (Álvarez Hernández & Delgado De la Mora, 2015).

En el estudio de campo se utilizó la técnica encuesta para la que se diseñó como instrumento de medición un cuestionario dirigido a personal de las empresas del lugar de estudio; el cuestionario se aplicó de manera digital utilizando la aplicación de Formularios de Google y enviándose a través de correo electrónico y whatsapp, a una muestra de 22 empresas de ciudad Cardel (tamaño de muestra determinada por la disponibilidad y accesibilidad de personal de las empresas); la encuesta se realizó durante el periodo de 22 de noviembre al 07 de diciembre del año 2020 en horario de 8:00 a 18:00 horas, por ser horario con mayor disponibilidad para que el encuestado pudiera responder el cuestionario con tranquilidad y mayor sinceridad; con tal aplicación, el instrumento fue validado, debido a que no surgieron dudas sobre las preguntas que lo integran ni observaciones de mejora y que el personal encuestado entendió y respondió correctamente dicho cuestionario.

Finalmente, durante el periodo enero a febrero del año en curso, se realizó la recolección, clasificación, captura, representación gráfica y análisis datos, a través de la hoja de cálculo (Excel), lo cual permitió obtener información tendiente al logro de los objetivos de investigación, evaluación de la hipótesis, la generación de conclusiones y recomendaciones.

## **Resultados y Discusión.**

Para evaluar el trabajo en equipo en empresas de Ciudad Cardel, se realizó una encuesta en la que se aplicó como instrumento de medición un cuestionario dirigidos a empleados de una muestra de 22 empresas de la ciudad, de lo que se obtuvo los siguientes resultados:

Se identificó que el 77% de las empresas encuestadas pertenecen al sector comercial, seguido del 14% que forman parte del sector servicios y 9% al industrial, tal como se muestra en la figura 1.

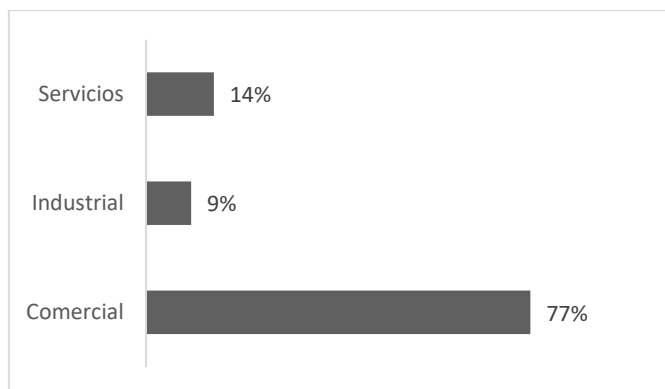


Figura 1. Sector de las empresas de ciudad Cardel.

Así mismo, sobre el número de empleados con que cuentan las empresas del lugar, el 36% tiene de 11 a 30 empleados, seguido del 27% que disponen de 1 a 10 trabajadores, el 23% cuentan de 101 a 250 empleados y solo el 14% de las organizaciones que tienen de 31 a 50 trabajadores (figura 2).

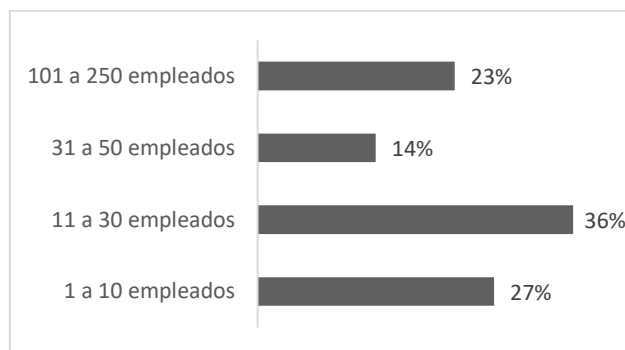


Figura 2. Cantidad de empleados en las empresas de ciudad Cardel.

Por otra parte, sobre la antigüedad de los empleados en las empresas, el 31% de tiene una antigüedad de 6 meses a 1 año, seguido de 23% que tienen una permanencia de 2 a 3 años al igual de los que tienen menos de 6 meses en antigüedad, 14% que tienen más de 5 años laborando y finalmente 9% los que cuenta de 4 a 5 años de antigüedad, tal como la figura 3 lo muestra.



Figura 3. Antigüedad en el puesto, de los empleados de las empresas de ciudad Cardel.

Finalmente, sobre la evaluación del trabajo en equipo en empresas de ciudad, el 58% de los encuestados evalúan como bueno el trabajo en equipo, seguido de 18% que lo califican como excelente, 14% con perciben como muy bueno, y con igual porcentaje (5%) los que lo consideran como malo y pésimo, como se representa en la figura 4.

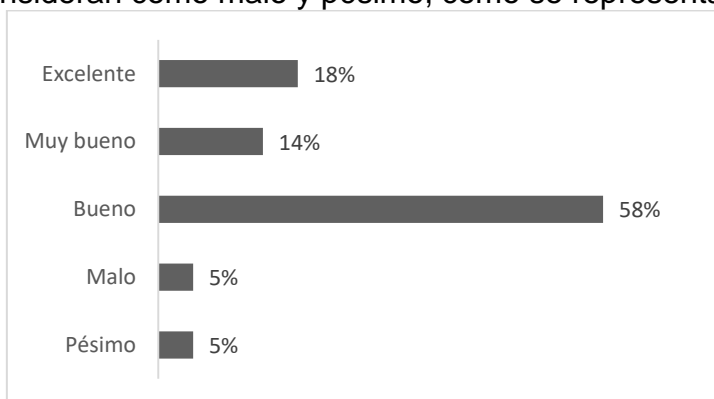


Figura 4. Evaluación del trabajo en equipo en empresas de ciudad Cardel.

Por otra parte, derivado de los resultados obtenidos y de la investigación, se coincide con (Torrelles Nadal, Coiduras Rodríguez, & Isus, 2011) en que *“Trabajar en equipo, requiere la movilización de recursos propios y externos, de ciertos conocimientos, habilidades y aptitudes, que permiten a un individuo adaptarse y alcanzar junto a otros en una situación y en un contexto determinado un cometido.”*, ya que para el desarrollo de las actividades en el trabajo en equipo se requiere de recursos propios de equipo y agentes externos, y principalmente los conocimientos, habilidades y aptitudes que cada miembro del equipo posee y aporta para el logro de las metas y objetivos comunes. Así mismo, se concuerda con (Ayoví Caicedo, 2019) en que *“Cuando los directivos de la organización a que pertenecemos nos orientan que hay que trabajar en equipo, esto implica aplicar inteligentemente nuestras capacidades, aprovechando las potencialidades propias y de nuestros compañeros, y la oportunidad de crecimiento personal y de conjunto es innegable...”* ya que es labor fundamental de los directivos y/o jefes fomentar, orientar y coordinar el trabajo en equipo con sus colaboradores (trabajadores) en el que se aproveche y potencialice los conocimientos, habilidades y aptitudes que cada miembro del equipo puede aportar a través del trabajo colaborativo.

Finalmente, con lo indicado por (Estrada Mejía, 2011) que *“El desempeño en equipos de trabajo dentro de la empresa, permite incrementar la productividad y por ende facilitar una mejor competitividad en el mercado a fin de obtener la sostenibilidad de la empresa”*, se coincide, ya que el buen trabajo en equipo, facilita en adecuado funcionamiento de la empresa, que contribuye a que la empresa incremente su productividad, y por ende, propicie su competitividad.

## Conclusiones.

Con los resultados obtenidos en la encuesta referente al sector al que pertenecen las empresas de ciudad Cardel, se concluye que la mayoría forman parte del sector

comercial, tal como se muestra en la figura 1. Dado que la mayoría de las empresas son de giro comercial y considerando la estratificación de empresas por sector, publicada en el diario oficial de la federación (Gobierno de México, 2019) , así como el número de empleados con que cuentan dichas organizaciones, se concluye que el 36% de las empresas al tener de 11 a 30 empleado se consideran pequeñas empresas, seguido del 27% de empresas que cuentan de 1 a 10 trabajadores que considerándolas microempresas, 23% que cuentan de 101 a 250 empleados se catalogan como grandes empresas y solo el 14% que tienen de 31 a 50 trabajadores representan a las medianas empresas, como se muestra en la figura 2.

Finalmente, con los resultados obtenidos, se logró el objetivo de investigación de “*Evaluar el trabajo en equipo en empresas de ciudad Cardel, Veracruz.*”, tal como se muestra en la figura 4, en la que se representan que el 90% evalúan de bueno a excelente el trabajo en equipo y solo el 10% lo evalúa como malo y pésimo. A su vez, se da respuesta a la pregunta de investigación y se acepta la hipótesis que: “*El trabajo en equipo es bueno en las empresas de ciudad Cardel, Veracruz.*”, ya que como se muestra en la figura el 90% evalúan de bueno a excelente el trabajo en equipo, sin embargo, es importante establecer estrategias que contribuyan mantener o mejorar aun más el trabajo en equipo, propiciar la interacción, la buena convivencia y por ende, un buen clima laboral y evitar problemas laborales en el futuro.

### Agradecimientos.

Al Tecnológico Nacional de México Campus Úrsulo Galván por las facilidades para realizar la presente investigación, a integrantes del cuerpo académico Gestión e innovación en las organizaciones (ITURG-CA-4) y al personal de las empresas encuestadas.

### Referencias

1. Alicia Silva, M. C. (2013). Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis2015/bis151.pdf>
2. Álvarez Hernández, G., & Delgado De la Mora, J. (2015). Diseño de Estudios Epidemiológicos.I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografíade la Salud y la Enfermedad. *Fies*, 28. Recuperado el 27 de Marzo de 2020, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf>
3. Ander-Egg, E., & Aguilar, M. J. (2001). *El trabajo en equipo* (Primera ed.). México, D.F., México: Editorial Progreso. Recuperado el 3 de Abril de 2021, de [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TFbzjYkb4AJ:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/72089/TRABAJO\\_EN\\_EQUIPO.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TFbzjYkb4AJ:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/72089/TRABAJO_EN_EQUIPO.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d)
4. Ayoví Caicedo, J. (15 de Enero de 2019). Trabajo en equipo: clave del éxito de las organizaciones. *FIPCAEC*, 58-76. Recuperado el 3 de Abril de 2021, de <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/39/70>
5. Bernal, C. D. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Pearson. Recuperado el 27 de Marzo de 2020

6. Estrada Mejía, S. (Diciembre de 2011). Desempeño en equipos de trabajo para organizaciones cambiantes. *Scientia et Technica*, 3(49). Obtenido de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1495>
7. Georgina París, M., Mas Torelló, O., & Torrelles Nadal, C. (2016). La evaluación de la competencia "trabajo en equipo" de los estudiantes universitarios. *Revista d'Innovació Docent Universitària*(8), 86-97. Recuperado el 05 de Abril de 2021, de [https://www.researchgate.net/publication/292320512\\_La\\_evaluacion\\_de\\_la\\_competencia\\_trabajo\\_en\\_equipo\\_de\\_los\\_estudiantes\\_universitarios](https://www.researchgate.net/publication/292320512_La_evaluacion_de_la_competencia_trabajo_en_equipo_de_los_estudiantes_universitarios)
8. Gobierno de México. (28 de Febrero de 2019). *Diario oficial de la federación*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de DOF: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5551413&fecha=28/02/2019&print=true](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5551413&fecha=28/02/2019&print=true)
9. Guerrero Armas, A. (Julio de 2009). Las claves para el trabajo en equipo. *Revista digital para profesionales de la enseñanza*. Recuperado el 2 de Abril de 2021, de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Zhnn7tAJfkYJ:https://www.feandalucia.cco.es/docu/p5sd5076.pdf+&cd=7&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d>
10. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Cd. de México: México. Recuperado el 27 de Marzo de 2020
11. Lara Muñoz, E. M. (2013). *Fundamentos de investigación, Un enfoque por competencias* (Segunda ed.). Ciudad de México, México: Alfaomega. Recuperado el 27 de Marzo de 2020
12. Rivas Tovar, L. A. (2010). *Monografía sobre trabajo en equipo*. Recuperado el 01 de Abril de 2021, de <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=MONOGRAFIA+SOBRE+TRABAJO+DE+EQUIPO>
13. Torrelles Nadal, C., Coiduras Rodríguez, J. L., & Isus, S. (2011). Competencia de trabajo en equipo: definición y categorización. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado.*, 15, 329-344. Recuperado el 5 de Abril de 2021, de <https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/46434>
14. Watchandact. (20 de Diciembre de 2018). *Watch&Act*. Recuperado el 31 de marzo de 2021, de <https://watchandact.eu/blog/importancia-trabajo-en-equipo-empresa/>

### Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## ESTUDIOS SOBRE LAS TENDENCIAS MUNDIALES DE LAS PROFESIONES Y EL CASO DE MEXICO

R. Yáñez Hdez.<sup>1</sup>, I. Gutiérrez Ochoa<sup>1</sup>, C. Domínguez Quezada<sup>1</sup>, M.A. Román H.<sup>1</sup>, B.E. Gutiérrez M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Económico-administrativas del Tecnológico Nacional de México campus Zacatepec, Morelos. México.- [ryanezh@yahoo.com](mailto:ryanezh@yahoo.com), [irmag8a61@gmail.com](mailto:irmag8a61@gmail.com), [carolinadq66@gmail.com](mailto:carolinadq66@gmail.com), [romanhino@hotmail.com](mailto:romanhino@hotmail.com), [clio40s@hotmail.com](mailto:clio40s@hotmail.com).

**Área de participación:** Gestión del Talento Humano para la Innovación

**Resumen:** Las tendencias profesionales para la ingeniería en Administración han sido objeto de estudio de diversos investigadores que las han abordado a partir de encuestas realizadas a los empresarios y administradores de los diferentes sectores de la economía. Así mismo organismos e instituciones nacionales e internacional promueven el estudio de estas tendencias en función de la evolución que presentan el mercado de trabajo especialmente en el contexto de los grandes cambios que los avances tecnológicos presentan diversos retos al sector de las ciencias económico-administrativas. Ejemplo de lo anterior son los reportes anuales del Foro Económico Internacional acerca del futuro del trabajo del que presentamos los resultados del año 2020.

### Introducción.

En esta ponencia presentamos un compendio de los resultados de las investigaciones efectuadas sobre las tendencias del mercado laboral mundial de acuerdo con diversos analistas y con los trabajos que cada año realiza el Foro Económico Mundial sobre el particular.

Estas investigaciones se refieren tanto a las profesiones emergentes que habrán de tener la mayor demanda de empleo hasta el año 2025, así como aquellas que presentan un evidente declive como los empleos en vías de desaparición para los próximos 4 años.

De manera concomitante, las nuevas profesiones se caracterizan por poseer una serie de requisitos en cuanto al desarrollo de habilidades de conocimiento, personales y culturales, destacándose especialmente el impacto de las nuevas tecnologías de la informática, la IA y el desarrollo y manejo de software que deberán tener los empleados en esas nuevas áreas de desempeño.

### Fundamento Teórico.

Entre los autores que han investigado las tendencias del empleo y las profesiones para los próximos 5 años destacan Marum y Rosario (2001), quienes definen como perfiles nuevos para el profesionista competitivo una serie de características entre las que señalan la integridad, la capacidad de entender diversas culturas, una mayor interacción entre las personas, liderazgo y conocimientos básicos que demuestren su actualización permanente en su profesión. Realizan una comparación de los requerimientos para diversas profesiones que se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1. Comparativo de perfiles de varias profesiones**

PROFESIÓN	PERFILES
Lic Economía	<ul style="list-style-type: none"><li>• Asuntos macroeconómicos</li><li>• Política Gubernamental</li><li>• Asesor y Consultor</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo a la jurisprudencia</li> </ul>
Lic en Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento de áreas técnicas</li> <li>• Manejo de administración de personal</li> <li>• Selección y retención de personal</li> <li>• Solución de conflictos</li> <li>• Estimulo a la creatividad</li> <li>• Productividad</li> <li>• Desarrollo laboral y humano</li> </ul>
Lic en Mercadotecnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovación y creatividad asociadas al diseño por computadora</li> <li>• Actualización de sitios de distribución y cobro</li> <li>• Conocimiento y actualización sobre acuerdos de libre comercio</li> <li>• Complejidad del mercado</li> </ul>
Lic en Administración de Instituciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liderazgo</li> <li>• Capacidad emprendedora</li> <li>• Espíritu de servicio</li> <li>• Personalidad abierta y positiva</li> <li>• Creatividad, orden y organización</li> </ul>
Lic en Administración Financiera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento sobre mercados derivados</li> <li>• Productos bursátiles y especulación</li> <li>• Manejo de psicología</li> <li>• Mecanismos de información informal (rumor, comenarios de boca a boca)</li> <li>• Capacidad de convencimiento</li> <li>• Manejo fluido de idiomas</li> <li>• Fuerte dosis de Ciencias Sociales y actividades estéticas.</li> </ul>
Lic en Administración de empresas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de perspectivas globales</li> <li>• Oportunidades de Negocios</li> <li>• Funciones Financieras Electrónicas</li> <li>• Comportamiento del consumidor en mercados electrónicos globales</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a Marum y Rosario (2001)

Por su parte, De Agüero Aguirre (2008) señala las deficiencias que existen en la formación universitaria de profesionistas al respecto de los conocimientos sobre la convergencia de los marcos jurídicos y las practicas comerciales internacionales, así como una grave falta en el desarrollo de la investigación sobre su profesión.

Al citar a filósofos, escritores y empresarios, como Friedman, Savater y Curtis W Tarr señala como nuevos requerimientos profesionales el liderazgo, la negociación, las diversidades culturales, costumbre y manejo de idiomas.

De esta manera llegamos a una formación de ingenieros que no se encuentra tan diferenciada de los requerimientos para las profesiones que acabamos de citar, ya que también es importante la formación de habilidades profesionales, el enfoque científico para la solución de problemas y la profesión ética y humanista del ingeniero contemporáneo (Capote León et. al. 2015).

Arana, Calderón y Valdez (1999), así como Cañedo (2004) y Gómez, Castellano, Delgado, et. al. (2005), señalan como nuevos requerimientos de los ingenieros en sus diferentes ramas de estudio: poseer un conocimiento profundo de las ciencias básicas con una sólida formación teórica; ser un profesional en la estrecha vinculación con la industria; integral, versátil y flexible; y poseer una formación cultural que abarque tanto las relaciones humanas como los problemas ambientales, éticos y de valores.

Smith (2007) plantea que un ingeniero debe desarrollar destrezas de habilidades independientes, pensamiento crítico y creativo, habilidades interpersonales y de comunicación, capacidad de autojuicio e integración de conocimientos multidisciplinarios.

Restrepo (2007) destaca el predominio del componente formativo sobre el informativo, el aprender a hacer y formación complementaria en áreas de la economía, idiomas, sociales y administrativas.

Oramas (2007) define, por su parte, que el ingeniero debe ser capaz de propiciar el desarrollo del potencial intelectual individual. Destaca la necesidad de enfrentar la realidad de manera reflexiva, crítica y constructiva.

También señala identificar la convergencia de diversas problemáticas relevantes en términos de la región, país o el mundo. Por último destaca la necesidad de enfrentar con éxito la situación cambiante de la realidad.

Por último, citamos el perfil que recomienda Rizo (2009): habilidades técnicas para resolver problemas del entorno, sólida formación teórica y científica, integridad y flexibilidad, formación cultural y relaciones humanas, y pensamiento lógico, heurístico, sistémico y flexible.

## Resultados y Discusión.

Con base en los estudios anteriores, que no son los únicos sobre el fenómeno, el Foro Económico Mundial publicó el último reporte sobre el futuro de los empleos (The Future of Jobs Report 2020) en octubre del año pasado y de él se desprende la necesidad de perfiles profesionales mucho más complejos, con capacidades digitales esenciales y el desarrollo de habilidades blandas entre las que destacan la creatividad y las habilidades interpersonales.

Las profesiones con mayor demanda en la actualidad se presentan en la siguiente tabla de acuerdo con este reporte:

**Cuadro 2. Empleos en auge por sector**

SECTOR	EMPLEOS
TECNOLOGIA Y AUTOMATIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollador Senior</li><li>• Programador</li><li>• Director TI</li><li>• Ingeniero de Seguridad</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arquitecto de Software Java</li> <li>• Analista de base de datos</li> <li>• Desarrollador móvil</li> <li>• Desarrollador Backend NodeJs</li> <li>• Técnico Big Data</li> <li>• Consultor TIC</li> </ul>
COMERCIAL Y VENTAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asesor comercial</li> <li>• Gerente Comercial</li> <li>• Ejecutivo Comercial</li> <li>• Vendedor de Tecnología y Software</li> <li>• Vendedor a detalle</li> <li>• Ejecutivo Comercial</li> </ul>
SALUD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médico especialista en seguridad y salud en el trabajo</li> <li>• Psiquiatría</li> <li>• Neuropediatra</li> <li>• Ginecólogo</li> <li>• Coordinador Médico de Urgencias</li> <li>• Oftalmólogo</li> </ul>
SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente de Servicio al cliente</li> <li>• Técnicos Call Center</li> <li>• Director de experiencia de clientes</li> <li>• Ejecutivo Postventa</li> <li>• Formador Desarrollo Experiencia de Clientes</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de WEF (2020)

El panorama que el Foro Económico Mundial prevé en el futuro de las profesiones, por lo menos hasta el 2025 es el siguiente:

1. Aceleración de la automatización en el trabajo.
2. Casi la mitad del trabajo existente en 2025 será para las maquinas.
3. El 43% de las empresas reducirá su fuerza laboral debido a la integración de la tecnología en sus procesos productivo.
4. 85 millones de trabajos desaparecerán en beneficio de 97 millones nuevos
5. Todos los trabajos estarán más relacionados con la IA y el Big Data
6. Será indispensable el desarrollo del pensamiento crítico y del aprendizaje activo.
7. Las habilidades más demandadas serán cuatro:

Resolución de problemas, autogestión, trabajo con personas y desarrollo y uso de la tecnología.

8. Con el fin de conservar el trabajo el 50% de los empleados necesitara cursos de formación y recualificación.
9. Alrededor del 50% de los profesionales en sistemas digitales y de computación provendrán de otros campos de conocimiento.

10. La adopción del teletrabajo se incrementará.

### Conclusiones.

Se observa un fuerte impacto en los requerimientos proveniente del desarrollo de las nuevas tecnologías que inciden en una tendencia a sustituir tanto a los trabajadores por el uso de máquinas e IA, así como una necesaria recualificación de los empleos emergentes en habilidades sociales múltiples que complementarán el conocimiento profesional de los empleados en los próximos años. Finalmente, para el caso de México, se prevé el siguiente escenario hasta el año 2015:

**Cuadro 3. Trabajos emergentes y trabajos en declive. Proyección para México al 2025.**

TRABAJOS EMERGENTES	TRABAJOS EN DECLIVE
IA y especialistas en el aprendizaje automatizado	Contadores y Administradores de Nomina
Analista de datos	Empleados Informáticos
Especialista en Big Data	Secretarias Administrativas
Analista en Seguridad Informática	Gerentes Generales y de operaciones
Manager de Proyectos	Arquitectos y Topógrafos
Especialista en procesos de automatización	Empleados de Banco
Marketing Digital y Especialistas Estrategia	Trabajadores de la industria
Arquitectos y Topógrafos	Empleados de finanzas y estadísticas
Ingenieros en Fin Tech	Empleados de Almacén
Profesores Universitarios y de Educación Superior	Audidores

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de WEF (2020)

Una característica predominante será que las múltiples especializaciones se reconvertirán en distintos conjuntos de saberes.

Con este panorama, asistimos a una recomposición necesaria para el nuevo modelo de gestión de la fuerza de trabajo que se necesita en el mundo actual para salir de la crisis sistémica que se viene arrastrando desde 2008, de cara a una era histórica en la cual se han vuelto obsoletos numerosos oficios y profesiones y que ya no tienen cabida en las nuevas reglas por imponerse a nivel mundial, que son las que ahora requieren de nuevos trabajadores cualificados en las tecnologías desarrolladas y auxiliares del proceso de producción de nuevo cuño. La digitalización, el diseño, la e-mercadotecnia, la robótica, la IA, la biotecnología, la nanotecnología, los servicios mundiales uniformizados, y por supuesto, la financiarización de la vida de las personas, requieren otros tipos de empleados. Los estudios presentados y los resultados del Reporte del Foro Económico Mundial 2020 así lo demuestran.

### Referencias

1. Arana, M., Calderón, A., y Valdez, N. (1999). La Cultura Tecnológica en el ingeniero y el Cambio de paradigma. *Tecnología y Sociedad*. La Habana: Editorial Félix Varela.

2. Cantero, A. (2004). La Educación Superior Cubana: Logros y perspectivas. *Ensaio Pesquisa em Educacao em Ciencias*.6(2).
3. Cañedo. (2004). Estrategia Didáctica para contribuir a la formación de la habilidad “realizar el paso del sistema real al esquema de análisis” en el ingeniero mecánico. *Tesis para optar para el grado de doctor en Ciencias pedagógicas*. Cienfuegos: Universidad de Cien fuegos.
4. Capote León, G..E. Rizo, Rabelo, N., & Bravo López, G (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad* [seriada en línea],8(1) pp.21-28. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>
5. De Agüero Aguirre Mario (2008). El reto de la formación profesional de los administradores. *Contaduría y Administración*, (2025),121-143
6. Gómez, V. et. al. (2005). Las Habilidades Integradas del ingeniero mecánico hoy: ¿Un desafío? 7º. *Congreso americano de ingeniería mecánica*. México D.F.
7. Marum Espinosa, Elia y Rosario Muñoz Víctor. (2001) Tendencias de las profesiones del área económico-administrativa. *Perfiles Educativos*, 23(93), 44-58
8. Oramas, J. (2007).El perfil del ingeniero del año 2020. *El ingeniero colombiano del 2020, retos para su formación*. Foros preparatorios-XXVI Reunión Nacional. Marzo. Opciones Gráficas Editoras Ltda.Colombia.pp.140-146
9. Prensa Libre (2020) Foro Económico Mundial: Estos serán los trabajos más buscados en el 2020. *Revisita Estrategias y Negocios* (82-2020-01-08)
10. Restrepo F. (2007) Perspectivas de las facultades de la ingeniería hacia el futuro. *El ingeniero colombiano del año, retos para su formación*. Foros preparatorios-XXVI Reunión Nacional. Marzo. Opciones Gráficas Editoras LTDA. Colombia pp. 15-27
11. Rizo N (2009). *Análisis del plan de la carrera de Ingeniería Informática*. Universidad de Cienfuegos.
12. Smith. R. A. (2007). La Formación científica del ingeniero para el año 2020. El ingeniero colombiano del año, retos para su formación. Foros preparatorios-XXVI Reunión Nacional. Marzo. Opciones Gráficas Editoras LTDA. Colombia. pp.174-193
13. Vanesa Arenas, (2020) Los perfiles profesionales de más demanda en la nueva normalidad. *El País*, 17 septiembre 2020.
14. WEF (2020) *The Future of Jobs Report 2020*.
15. Yáñez H., R (2020), *Coronavirus 2020. La salud como pretexto para imponer un nuevo totalitarismo*. 1ª. Ed. México. Taller Gráfico con Causa.

### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## RECEPCIÓN PROFESIONAL EN LÍNEA, LOGRO, NECESIDAD Y ADAPTACIÓN.

J. A. Santana-Camilo<sup>1</sup>, M. I. Vásquez-Ocampo<sup>1</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, E. Mazón-Gama<sup>1</sup>, V. García-Navarro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de la División de Estudios Profesionales, del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[jose.sc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.sc@zacatepec.tecnm.mx), [maria.vo@zacatepec.tecnm.mx](mailto:maria.vo@zacatepec.tecnm.mx), [jose.rc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.rc@zacatepec.tecnm.mx),  
[enriqueta.mg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:enriqueta.mg@zacatepec.tecnm.mx) <sup>2</sup>Subdirección Académica del Instituto Tecnológico de Zacatepec,  
Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México-  
[viridiana.qn@zacatepec.tecnm.mx](mailto:viridiana.qn@zacatepec.tecnm.mx)

*Área de participación: Innovación estratégica de las organizaciones*

**Resumen:** la llamada nueva normalidad nos ha colocado en una situación de crisis, que para salir adelante es cuestión de entender y atender los nuevos ambientes de nuestro entorno, quizás con panorama y futuros inciertos, pero es cuestión de resistencia y adaptación. Por lo que el Tecnológico Nacional de México, ante la contingencia sanitaria provocada por el virus SARS-CoV-2 emite una serie de lineamientos Académico-Administrativos a través de la **circular No. M00/40/2020** (TECNM-2020), para resolver, finiquitar, culminar y dar continuidad a los procesos propios del sistema; la Recepción Profesional, reconoce al sustentante de haber adquirido en conjunto las competencias que define el perfil de egreso de la carrera profesional, en tanto se mantenga la contingencia sanitaria. Debido a esto, se faculta a las personas titulares de los campus a concretar los procesos de titulación a distancia, bajo el mecanismo que se describe en el Anexo I de la circular citada.

**Palabras clave:** circular, lineamiento, Teams.

### Introducción.

Los esquemas de educación desarrollan una evolución o migración con respecto a las nuevas o cambiantes necesidades que el entorno dinámico social y los requerimientos tecnológicos demandan, por lo que los distintos actores o responsables, tienen la decisión y preocupación por realizar las innovaciones educativas pertinentes para estar a la par con lo requerido.

Quizás gradualmente se está preparando para dar frente a esta evolución tecnológica, pero en la actualidad una detonante a nivel mundial nos exhibe que tan vulnerable pudiéramos ser, ante la amenaza tangible de una pandemia, con la propagación del COVID-19; ya que en el aspecto educativo nos ha llevado a reorientar estrategias de educación en línea, virtuales y a distancia; y de igual forma reagrupar nuestros esquemas de atención en el caso de nuestro compromiso institucional que emana de la misión y visión como institución de nivel superior.

Uno de los procesos que se atienden y es responsabilidad del Departamento de la División de Estudios Profesionales, es la de la Recepción Profesional, que aunado a los indicativos o condiciones que nos rige un lineamiento indicado bajo la circular 40, por parte de la Dirección General de Tecnológico Nacional de México, así como los lineamientos Académico-Administrativos de TecNM, se lleva a cabo una serie de estrategias para control, atención y el proceso de Recepción Profesional en línea.



## Fundamento Teórico.

La titulación integral es la validación de las competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) que el estudiante adquirió y desarrolló durante su formación profesional. (TECNM-2015) y (TECNM-2010)

En la actualidad ante la constante evolución de las tecnologías, las nuevas necesidades industriales de los mercados y la realidad internacional; aunado a las propuestas de optimización de métodos de aprendizaje, implican una migración, planificación, evolución, actualización y adecuación de los planes de estudios, en este caso a nivel superior. Actualmente todas las carreras que ofrece el Tecnológico de Zacatepec, son los denominadas plan de estudios 2010, pero con la continuidad de seguir atendiendo egresados de planes anteriores, con el cumplimiento respecto de sus directrices y normativos de titulación.



**Figura 5.- Clasificación de planes de Estudio**

De acuerdo al plan de estudios que el aspirante a titularse cursó y acreditó al 100%, en los lineamientos académico-administrativo, existen opciones de Titulación (tabla 1 y 2) por el cuál el egresado puede seleccionar alguna de estas, de acuerdo a su plan de estudios.

**Tabla 7.- Opciones de Titulación por Plan de Estudios 1993 y 2004 y 2005.**

• *Plan de Estudios 1993*

No. Opción	Nombre de la Opción
I	<a href="#">Tesis Profesional</a>
II	<a href="#">Libros de Texto o Prototipos Didácticos</a>
III	<a href="#">Proyecto de Investigación</a>
IV	<a href="#">Diseño o Rediseño de Equipo, Aparato o Maquinaria</a>
V	<a href="#">Cursos Especiales de Titulación</a>
VI	<a href="#">Examen Global Por Áreas del Conocimiento</a>
VII	<a href="#">Memoria de Experiencia Profesional</a>
VIII	<a href="#">Escolaridad por Promedio</a>
IX	<a href="#">Escolaridad por Estudios de Posgrado</a>
X	<a href="#">Memoria de Residencia Profesional</a>

• *Plan de Estudios 2004 y 2005*

No. Opción	Nombre de la Opción
I	<a href="#">Tesis Profesional</a>
III	<a href="#">Proyecto de Investigación</a>
VI	<a href="#">Examen Por Áreas del Conocimiento</a>
VIII	<a href="#">Escolaridad por Promedio</a>
X	<a href="#">Informe de Residencia Profesional</a>

**Tabla 2.- Opciones de Titulación por Plan de Estudios 2009 y 2010, y 2010 (continuación)**

• *Plan de Estudios 2009 y 2010*

Opción de Titulación
<a href="#">Informe Técnico de Residencia Profesional</a>
<a href="#">Proyecto de Innovación Tecnológica</a>
<a href="#">Proyecto de Investigación</a>
<a href="#">Informe de Estancia</a>
<a href="#">Tesis</a>
<a href="#">Tesina</a>

• *Plan de Estudios 2010  
(Egresados a partir de enero 2017)*

Opción
<a href="#">Residencia Profesional</a>
<a href="#">Proyecto de Innovación Tecnológica</a>
<a href="#">Proyecto de Investigación y/o Desarrollo Tecnológico</a>
<a href="#">Proyecto Integrador</a>
<a href="#">Proyecto Productivo</a>
<a href="#">Proyecto de Emprendedurismo</a>
<a href="#">Proyecto Integral de Educación Dual</a>
<a href="#">Estancia</a>
<a href="#">Tesis</a>
<a href="#">Tesina</a>

De igual manera, se puede obtener el Testimonio de Desempeño Satisfactorio o Sobresaliente en el Examen General De Egreso de Licenciatura (EGEL) del CENEVAL como opción de titulación equivalente a la opción VI, para los planes de estudio 2004 y 2005; y como Titulación Integral en los planes 2009 y 2010, que es aplicable solo para las carreras en las que se ofrece el Examen EGEL (CENEVAL, 2021).

**Tabla 3.- Criterios de Desempeño EGEL.**

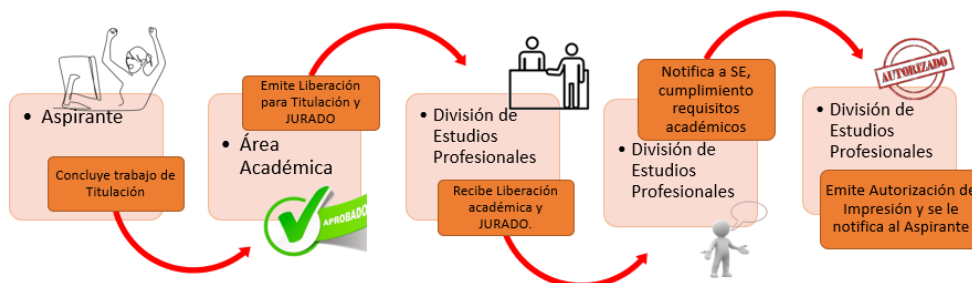
Criterios para determinar los niveles de desempeño por área	
Aún no satisfactorio (ANS)	700-999
Satisfactorio (DS)	1000-1149
Sobresaliente (DSS)	1150-1300

La Recepción Profesional es un proceso derivado del rubro de servicios estudiantiles, como parte de la formación integral del estudiante en el nivel sustantivo del Manual del Sistema de Gestión de la Calidad del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Este proceso es por parte del aspirante, que al tener cumplido el 100% de los requisitos puede presentar una solicitud de titulación a través de la coordinación de Titulación en la División de Estudios Profesionales (TECNM-2021), la cual es enviada al departamento académico respectivo para que se avale el proyecto presentado, se restructure o se rechace, notificándole a la coordinación de titulación para su registro e integración de expediente.



**Figura 6.- Proceso para registro de opción de Titulación.**

La fase de registro debe ser independiente con respecto al cumplimiento académico de la opción solicitada, tal y como se muestra en la figura 3.



**Figura 7.- Fases para liberación Académica del Trabajo Profesional.**

Con la constancia de cumplimiento académico, el aspirante debe cubrir los requisitos solicitados en Servicios Escolares, donde se le emite una carta de no inconveniencia personalizada, con copia a la División de Estudios Profesionales. De forma conjunta con la liberación académica y la no inconveniencia, en coordinación se programa fecha y hora de acto de Recepción Profesional, notificando a las partes involucradas en el acto: sustentante, departamento académico y Servicios Escolares para la recepción en modalidad virtual.



**Figura 8.- Proceso final para la Recepción Profesional.**

Con el fin de dar continuidad a los trámites de titulación, el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec informa a todas las egresadas y egresados la apertura de atención en ventanilla para concluir dicho proceso; observando en todo momento, las medidas e instrucciones sanitarias y de sana distancia, emitidas por las autoridades federales y estatales del sector Salud y de la Secretaría de Educación Pública, ante la propagación del COVID-19. En consideración a la guía para dar continuidad al proceso de Titulación, del anexo I de la circular M00/40/2020, se llevó a cabo la atención para que el aspirante a sustentante cumpla con la normatividad requerida para finiquitar su trámite, de acuerdo a la fase en la que se encuentre ante la suspensión de actividades, como se indica a continuación:

- Realizar el acto de Recepción Profesional a distancia, aquellos sustentantes que ya habían sido programados.

- b) Aquellos que ya tengan o hayan entregado en su totalidad todos los requisitos Académico-Administrativos que se le solicita para abrir expediente, quedando pendiente la liberación de Servicios Escolares.
- c) Solicitar la autorización del área académica para iniciar el trámite de proceso de Titulación en las áreas indicadas.
- d) Iniciar el proceso presentando la solicitud.

Por otra parte, es importante mencionar que atendiendo las recomendaciones por parte de la circular MOO/40/2010, respecto a la Recepción Profesional, en el anexo I, donde clasifica a los sustentantes según el grado de avance en cuestión de los trámites, con el aval y recomendación de la parte directiva de la institución, se procedió a realizar los actos de Recepción Profesional a los denominados casos siguientes:

Caso A: que, al haber cumplido con la normatividad aplicable, cuenta con una fecha de realización de Acto de Examen, previamente programada y notificada al o a la Sustentante y Sinodales, antes de la suspensión de actividades presenciales en los campus del TecNM (figura 5).



Figura 9.- Participantes en Acto Profesional.

Caso B: Cuenta con todos los requisitos Académico-Administrativos, de acuerdo a la normatividad aplicable, y sólo el Departamento de Servicios Escolares faltaría emitir la carta de no inconveniencia.

Caso C: Cuenta con la liberación del proyecto de titulación integral o de la tesis de grado, emitida por el Departamento Académico.

Con respecto a la clasificación de los casos de aspirantes a sustentantes que manifiesta en la circular M00/40/2020, con base a su avance o trámite administrativo, estratégicamente se planifica una serie de acciones para llevar a cabo la atención del proceso de Recepción Profesional que consta del siguiente proceso: a) publicación de convocatoria, b) acceso a solicitud programada de citas, c) atención en ventanilla gradual y programada con citas, d) apertura de atención en las áreas inherentes al proceso, e) inicio, continuidad y cierre de proceso de titulación, y f) acto de examen en línea.

Todo lo anterior aplicando las medidas sanitarias en la programación y atención del proceso de titulación. En la figura 6, se muestra la estructura de programación de la planificación de atención para el proceso de Titulación, indicando los días de apertura de

acceso a citas, la atención física de los aspirantes a Titulación y posteriormente la Recepción Profesional virtual con la participación de los sinodales y los representantes de la Institución (figura 7).

Octubre 2020				
MARTES	MÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	
05 Recepción de citas en línea	06	07 Atención en ventanilla / cita División de Est. Prof. Serv. Escolares /Áreas Académicas	08	09 Ajustes
12 Recepción de citas en línea	13	14 Atención en ventanilla / cita División de Est. Prof. Serv. Escolares /Áreas Académicas	15	16 Ajustes
19 Ajustes	20	21 Programación		22 Exámenes en línea
26 Ajustes	27	28 Programación		29 Exámenes en línea
30				

Figura 6.- Ejemplo de Planificación del Proceso de Atención y Recepción Profesional.

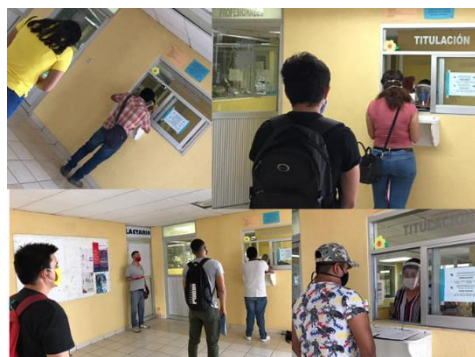


Figura 7.- Atención en ventanilla en la coordinación de titulación del Dpto. de la División de Estudios Profesionales

## Resultados y Discusión.

Dentro del acto de Recepción Profesional, se lleva a cabo la lectura de Toma de Protesta a cada sustentante. En este documento, el presidente del jurado a darle lectura, realiza una pregunta que se encuentra inmersa dentro del documento, y donde el sustentante debe contestar la misma:

*¿Promete Usted Solemnemente bajo  
palabra de honor al ejercer la carrera*

.....

*¿Tomar como suprema Norma de Conducta, La Moral?*

Al contestar esta pregunta el sustentante viene consigo un cúmulo de sentimientos encontrados, desde la alegría, satisfacción y orgullo de haber concluido una etapa más de su preparación profesional, así como la nostalgia, tristeza, añoranza y quizás resignación por la adaptación de la nueva realidad, por el medio en el cual se lleva a cabo la ceremonia de titulación.

Al finales de enero 2021 se ha tenido un total de 150 nuevos profesionistas titulados, con la modalidad en línea de forma virtual, donde los sustentante en el seno familiar o laboral se le ha realizado su Recepción Profesional con las mismas características y requisitos que cuando se realiza en forma presencial: presentación de los participantes (sinodales y sustentante), lectura de dictamen, toma de protesta, lectura de código de ética, juramento de ética profesional por parte del sustentante y lectura del acta de examen profesional. Es importante mencionar que la Recepción Profesional es con base a los indicativos o condiciones que nos rige un lineamiento indicado bajo la

circular M0/40/2020 publicado el 19 de mayo del 2020, por parte de la Dirección General de Tecnológico Nacional de México, así como los lineamientos Académico-Administrativos de TecNM.

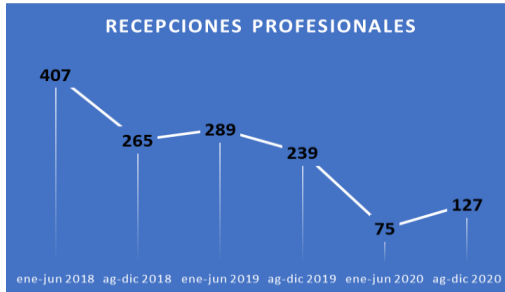


Figura 8.- Número de Titulaciones por Semestre.



Figura 9.- Recepciones Profesionales en el año 2020.

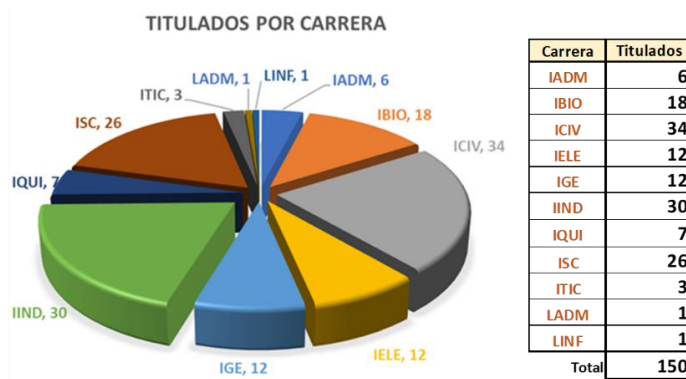


Figura 10.- Titulados por carrera en versión virtual en línea.

Opción	Titulados
R.P.	134
Tesis	11
Tesina	1
VII	1
EGEL	1
TIR	2
Total	150



Figura 11.- Titulaciones por opción

### Conclusiones.

Atender el proceso de Recepción Profesional en esta nueva modalidad no ha sido fácil, debido a que involucra tanto la parte administrativa como académica, el buen funcionamiento con resultados óptimos en tiempo y forma dependen no solo de la División de Estudios Profesionales si no de la disposición de las áreas académicas y del



departamento de Servicios Escolares piezas claves y fundamentales para alcanzar el objetivo de la Recepción Profesional.

Si bien ha habido una respuesta favorable a esta nueva modalidad de titulación en línea, la cual no resta importancia a la parte académica y afectiva, aún hay egresados que se reusan a concluir su trámite y protocolo de titulación de esta manera, algunos de ellos han manifestado que desean esperarse hasta que sea de manera presencial en las instalaciones del Instituto, para que junto con su familia y demás acompañantes puedan disfrutar de este logro académico. En la División de Estudios Profesionales seguiremos trabajando para lograr que haya más egresados interesados en realizar o concluir su acto protocolario en esta nueva modalidad, ya que este importante proceso de Recepción Profesional nos muestra claramente que es un logro, una necesidad y una adaptación.

### Agradecimientos.

A la Institución por la confianza en la propuesta de las estrategias aplicadas.

### Referencias

1. CENEVAL (2021). Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior. Exámenes generales de egreso 2021. Sitio web: <https://www.ceneval.edu.mx/examenes-generales-de-egreso>
2. CENEVAL (2021). Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior. Testimonio de Desempeño de fecha de enero 2021. Sitio web: [https://www.ceneval.edu.mx/documents/20182/164834/Anexo+4.+Testimonio+de+Desempe%C3%B1os\\_IME\\_2.pdf/0fe02d21-0c89-403c-9d34-c7d89f55cf2f](https://www.ceneval.edu.mx/documents/20182/164834/Anexo+4.+Testimonio+de+Desempe%C3%B1os_IME_2.pdf/0fe02d21-0c89-403c-9d34-c7d89f55cf2f)
3. Instituto Tecnológico de Zacatepec. Características y estructura de los trabajos de Titulación. Sitio web: <http://www.itzacatepec.edu.mx/index.php/informacion-general>
4. Instituto Tecnológico de Zacatepec. Manual de Instalación de TEAMS para las Titulaciones Online. Sitio web: <http://www.itzacatepec.edu.mx/index.php/informacion-general>
5. Instituto Tecnológico de Zacatepec. Manual de Titulación. Sitio web: <http://www.itzacatepec.edu.mx/index.php/informacion-general>.
6. Instituto Tecnológico de Zacatepec. Solicitudes Plan de estudios 1993, 2004, 2005, 2009, 2010 y egresados a partir de enero 2017. Sitio web: <http://www.zacatepec.tecnm.mx/index.php/formatos-de-solicitudes>.
7. TECNM (2010). Tecnológico Nacional de México. Lineamientos Académico-Administrativos, versión 1 para los planes 2009-2010 de fecha 03 de septiembre de 2010. Sitio web: <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>
8. TECNM (2015). Tecnológico Nacional de México. Manual de Lineamientos TecNM 2015, de fecha 05 de octubre de 2015. Sitio web: <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>.
9. TECNM (2020). Tecnológico Nacional de México. Circular No. M00/40/2020 del 19 de mayo de 2020. Sitio web: <https://www.tecnm.mx/?vista=circulares>
10. TECNM (2021). Tecnológico Nacional de México. Requisitos de Titulación TecNM, con fecha 27 de enero de 2021. Sitio web: <https://www.tecnm.mx/?vista=Titulacion>.

### Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## SISTEMA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE VENTAS

F. Flores -Villalobos<sup>1</sup>, B.L. Orduña -Tenorio<sup>1</sup>, J.M. Valle - Morales<sup>1</sup> y P.R. Ortiz - Ramírez,

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Iguala, [felipe.flores@iguala.tecnm.mx](mailto:felipe.flores@iguala.tecnm.mx), [bliliana.tenorio@iguala.tecnm.mx](mailto:bliliana.tenorio@iguala.tecnm.mx), [mirna.valle@iguala.tecnm.mx](mailto:mirna.valle@iguala.tecnm.mx), [16670006@iguala.tecnm.mx](mailto:16670006@iguala.tecnm.mx)  
Carretera Iguala - Taxco, Adolfo López Mateos, 40030 Iguala de la Independencia, Guerrero

*Área de participación: Innovación estratégica de las organizaciones*

**Resumen:** La empresa MC Ferreterías brindó el apoyo para la realización de este proyecto la cual permitió la aplicación de las competencias profesionales y laborales, mejorando los conocimientos adquiridos en la institución y reflejándolos en las actividades del proyecto en la empresa. El proceso de ventas de MC Ferreterías, en el cual se implementó un mejoramiento en el software, el cual es usado por la empresa como punto de venta para los clientes. En una empresa y en cualquier tipo de negocio es realmente necesario un buen inventario y la actualización del sistema de negocio, para que este se realice muy detalladamente con una información entendible, ya que gracias a estos inventarios que se realizan cada cierto tiempo se puede saber con exactitud cuáles son todos los bienes, derechos y deudas de una empresa, también gracias a los inventarios podemos comprobar cuáles son los elementos que componen el patrimonio de una empresa en un momento determinado. En esta investigación se identifican los elementos de empresa en la dirección administrativa, así mismo, se describen las principales funciones del personal para la toma de decisiones estratégicas, y la comercialización como un proceso de mejora continua.

### Introducción.

El presente trabajo desarrolló el proyecto de sistemas de mejora para el proceso de ventas en el área de ferreterías, la cual es un negocio que proporciona servicios y productos de alta calidad, además de una gran variedad y marcas.

Actualmente debido a la pandemia la empresa ha enfrentado los desafíos que permitieron aplicar los sistemas de mejora de una forma oportuna, lo cual proporciona una gran satisfacción a los propietarios y empleados.

El proyecto fue realizado en tres fases las cuales consistieron en analizar los procesos de mejora en las ventas, la primera en el área mercadotecnia, la segunda en la mejora de los procesos del área de almacén y atención al cliente, y considerando la última en el área de inventarios.

Las mejoras en los procesos determinaron el destino de la propuesta de mejoras que sería decisión de la empresa a implementarlas de acuerdo a los resultados obtenidos, es por ello que este trabajo se compone de también de las conclusiones que se aportan con la finalidad de realizar una aportación final al proyecto y que se encuentra en el contenido de este informe.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El proceso de mejora continua existe de forma constante, sin que se llegue a la necesidad de realizar grandes cambios a un negocio considerando una inversión potencialmente económica.

La implementación de este sistema fomenta los **cambios poco a poco, pero de forma sustancial**, en determinado momento rompe paradigmas y apoya a incrementar la eficiencia en los procesos. Para poder gestionar procesos, el término ha de tener un alto grado de concretización, así como una interpretación homogénea en el seno de la organización.

La mejora continua puede ser un sistema estructurado sin embargo forma parte del pensamiento de la cultura empresarial ya que los empleados incluyen entre sus actividades propuestas para optimizar su área de trabajo. Los resultados de las mejoras se reflejan en el aumento de la calidad del servicio, en este caso de estudio será el proceso de ventas, específicamente en los flujos de trabajo.

Por lo que la tarea más importante en la especificación de valor, una vez se ha definido el producto, es la determinación de un coste objetivo basado en la cantidad de recursos y esfuerzos necesarios para fabricar un producto con unas capacidades y especificaciones determinadas si toda la muda actualmente visible se eliminara del proceso. Hacer esto es la clave para expulsar el despilfarro. (*Lean thinking, 2012*).

Los empleados se ven inmersos en este proceso de la mejora continua, sin embargo es el nivel estratégico del negocio el que influye de manera más directa en el éxito de este método, ya que solo se pueden lograr buenos resultados si la gerencia lidera con el siendo congruente y un líder que motiva lo suficiente a los empleados, para lograr el cambio. (*Gestión de Procesos, 2012*).

Cabe señalar que los procesos se analizaron y de igual forma la atención al cliente a fin de cultivar y mantener las buenas relaciones entre la empresa y el cliente, e incrementar las ventas, el departamento de ventas debe **ofrecer un contacto personalizado con el cliente** o público objetivo; asegurándose constantemente de si el cliente se encuentra satisfecho o no; esto ayudará a evitar inconvenientes o tratar de resolverlos. (Revista Actualidad, 2019).

Una parte esencial para mejorar en las empresas contemporáneas es prioritario contar con colaboradores competitivos y motivados que contribuyan al logro de los objetivos de la organización, lo cual no es tarea sencilla. Está comprobado que un empleado motivado es mucho más **productivo**, asiste a su trabajo más contento, aprovecha mejor el tiempo, así como los recursos que se le asignan e invierte todo el esfuerzo para alcanzar las metas y objetivos de su puesto de trabajo.

Considerando la situación de MC Ferreterías quien tiene la empresa matriz y una sucursal, fuera considera como objeto de estudio, durante el periodo de agosto-diciembre del 2020, debido a que los negocios con esta actividad, han transitado por momentos difíciles de adaptación en relación a la ventas, es por ello que implementaron estrategias a través de un sistema de mejora para el proceso de ventas.

En el desarrollo del sistema de mejora se encontraron diferentes situaciones que a continuación, se mencionan:

- El servicio al cliente
- La capacitación del personal de ventas
- El control de almacén

La implementación del sistema fue realizado en tres fases las cuales consistieron en analizar los procesos de mejora en las ventas: la primera en el área la mejora de los

procesos del área de servicio al cliente, la segunda en mercadotecnia digital considerando la última en el área del almacén.

Cabe mencionar que el sistema de mejora para el área de ventas se basó en los KPI son indicadores que reflejan la evolución de distintos aspectos claves de una organización. Es conveniente dedicar el esfuerzo oportuno para el diseño de los KPI que se medirán en cualquier proceso ya que, una vez establecidos y puestos en marcha, serán la guía para la toma de decisiones de todos los directivos y mandos intermedios de la organización.

Para eso, algunas actividades que se ejecutan en el negocio se apoyaron en el:

1. Análisis de las métricas de rendimiento

Comprobar que los indicadores de rendimiento del negocio, los llamados KPI, se estén alcanzando. De tal forma, saber, si el proceso atiende a las necesidades de la organización.

2. Análisis de las interacciones con los clientes.

Lo importante es detectar si el proceso es realmente ineficiente, a través del análisis de los KPI y luego mejorar al máximo las interacciones con el cliente; descubrir las causas de los obstáculos; comprobar si los handoffs son eficientes y si las reglas del negocio se pueden mejorar o incluso si hay que crear nuevas reglas.

Los indicadores que fueron monitoreados fueron los siguientes:

**INDICADORES ANALIZADOS**

No.	Nombre del indicador	Formula
1	Rentabilidad y margen de cada producto	$[(\text{Precio de producto} - \text{Coste de producción}) / \text{Precio}] \times 100$
2	Índice de fidelización	$(\text{N}^\circ \text{ de clientes} \times \text{n}^\circ \text{ de compras totales}) / 100$
3	Rotación de stock	$(\text{Consumo} / \text{Existencias}) \times 100$
4	Ratio de conversión de llamadas telefónicas	$(\text{Llamadas efectivas} / \text{Total de llamadas}) \times 100$
5	Coste de adquisición de cliente/conversión	$\text{Gastos en marketing} / \text{Nuevos clientes}$

Para verificar la mejora de los resultados en todas estas actividades, lo ideal es usar una herramienta tecnológica que permita la divulgación de los procesos y también la recolección de feedback por parte de las áreas involucradas.

En este caso se utilizó el software Tableau, el cual funciona con diferentes tipos de datos almacenados desde Excel hasta el big data o blockchain.

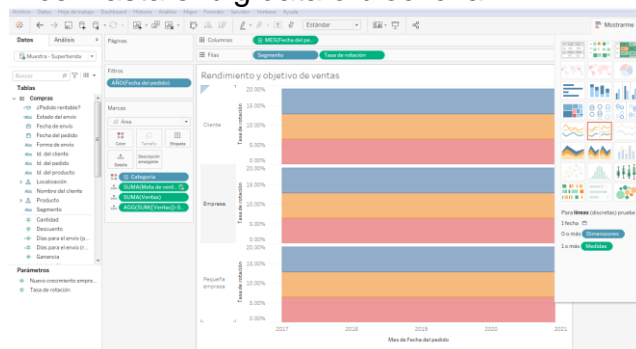
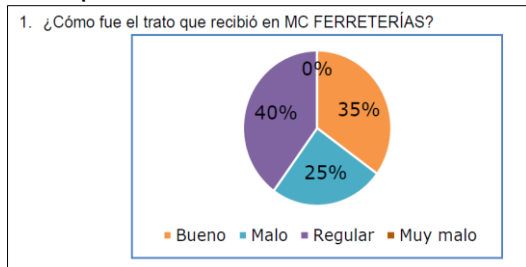


Figura 1. Tabla de datos utilizando el software Tableau

## Resultados y Discusión.

La información observada para la atención de clientes fue la siguiente:

Durante el periodo de septiembre-diciembre del 2020, se llevaron a cabo encuestas de atención al cliente con la finalidad de establecer estrategias que apoyaran al logro de mejorar el proceso de ventas.

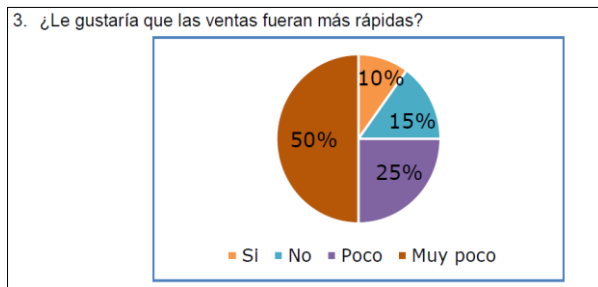


Gráfica 1. Atención al cliente

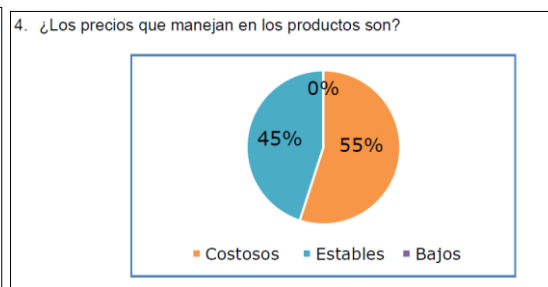


Gráfica 2. Sondeo de necesidades

De tal forma que se verificaron las necesidades actuales de los consumidores y la fidelización de los clientes.

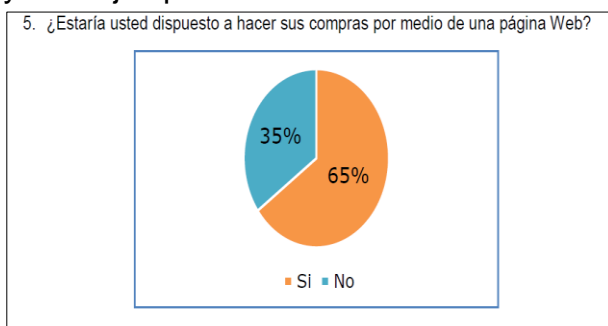


Gráfica 3. Respuesta a las ventas

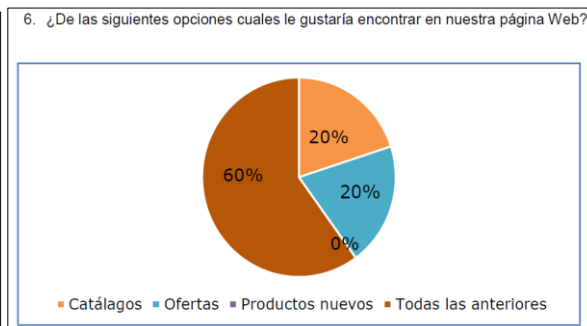


Gráfica 4. Análisis de precios

Respecto a la venta de los productos se ofertan varias marcas comerciales, sin embargo se detectó que los clientes deseaban que la atención frente a mostrador fuera más eficaz debido a que el personal debe ser versátil, atento y con dominio del catálogo de productos existentes, la funcionalidad y durabilidad, además de proporcionar asesoría y consejos para utilizarlos.



Gráfica 5. Detección de Marketing Digital



Gráfica 6. Tipos de material en Facebook

En cuanto los precios son competitivos con los en relación a los ofertan las demás ferreterías, considerándolos justos sin resultar excesivos para los clientes, sin embargo una de las necesidades que también se detectó es la oferta de los productos a través de la tecnología de tal forma que se abrió una cuenta de Facebook y dentro de ella una página web en respuesta a la encuesta realizada de ofertar los productos en línea, no precisamente venderlos en línea sino darlos a conocer como parte de un catálogo debido que se debía analizar la logística de entrega de los productos en cuanto a la apertura de un comercio electrónico formal.

En relación a la implementación del sistema de mejora en el proceso de ventas, se realizaron modificaciones en el sistema de control de inventarios, monitoreando las estrategias y verificando la aplicación de los indicadores, para evaluar las condiciones del negocio.

Durante el desarrollo, se trabajó en las diferentes soluciones para su implementación en las problemáticas expuestas, los cuales enlistaremos a continuación:

- **Desafío en las ventas.** Esto muchas veces se debe a la atención al cliente dentro de nuestra empresa, ya que juega un papel muy importante. La correcta capacitación del personal hace que dependa mucho que un cliente potencial regrese a comprar o simplemente por ello se implementó la fidelización del cliente.
- **Estrategia de capacitación para manejar un punto de venta.** Se capacitó constantemente a los vendedores de mostrador o también conocidos como punto de venta.
- **Control de Inventario.** Se identificaron lo que eran los productos, desde su ubicación, forma, precio, demanda y todo lo que conlleva para poder tenerlo identificado. Sobre la marcha buscamos implementar, primeramente el que se capacitara a todo el personal para saber si realmente conocían el producto que nosotros pusieramos en cuestión, algunos más grandes, otros más chicos, algunos con multifuncionalidad, entre otras características.
- **Estrategias de colocación de productos.** La mayoría de los productos ferreteros, están organizados por familias, por así decirlo. Encontramos desde productos para instalaciones hidráulicas de drenaje, de agua potable, instalaciones de gas, herrería, y así una infinidad de productos relacionados. Dentro de la empresa implementamos el acomodo de los productos por familia, de tal manera que si alguien nos pidiera algo hidráulico o relacionado a la plomería, fácilmente se identificara a que anaquel, mueble o stand dirigirte y una vez llegando ahí buscar el producto que te estén solicitando.

## Conclusiones.

Al finalizar de implementar el Sistema de Mejora para el Proceso de Ventas, estas se automatizaron a través de Sistema de Control de Inventarios eficientando, así en 70% la recepción y entrega del producto en tiempo y forma, toda estrategia implementada llevaron a cabo acciones resultaron favorables en el negocio de la ferretería matriz y la sucursal, por lo que se contribuyó a identificar y resaltar los puntos importantes que hay



que cubrir y considerar llevar a cabo una implementación exitosa del sistema que maneja la empresa.

El implementar el catálogo de productos en línea a través de las redes sociales fue un acierto por que ahora se llega a más consumidores. De la misma manera, las bodegas estarán organizadas, ya que sus espacios serán mejor utilizados, precisamente porque habrá más orden en sus espacios debido a que las compras de material se harán en forma justa y premeditada. Los inventarios de materiales en esta empresa estarán debidamente actualizados, las obras no tendrán material acumulado, los trabajadores serán responsables de solicitar únicamente el material que van a ocupar, entre otros. En conclusión un sistema siempre tiene la oportunidad de mejorar las actividades permiten eficientar cada vez el proceso y las necesidades de los clientes ser satisfechas.

### **Agradecimientos.**

Arq. Marielle Cuevas, Evert Andrés Quezada Flores y María Isabel Olvera Zabala.

### **Referencias**

1. D. T. Jones | James P. Womack | Emili Atmetlla (2012), *Lean thinking (Español)* Editorial Editorial Planeta, S.A.U. / Gestión 2000.
2. 2.- Pérez Fernández de Velasco J.A. (2012) *Gestión de Procesos 5ª*. Edición, ESIC editorial (2012)
3. A. Apiquián, *Entrepreneur*. Obtenido de Entrepreneur: <https://www.entrepreneur.com/article/267966> (marzo de 2021)
4. C. Bencomo, *micliente*. Obtenido de micliente: <https://micliente.net/como-mejorar-los-resultados-de-tu-fuerza-de-ventas/> (2020)
5. L.A. Prado. Obtenido de la Revista Digital Fierros: <https://fierros.com.co/ediciones/ediciones-2edicion-30/ediciones-25-estrategias-de-un-ferretero-para-crecer-su-negocio/> (2015).
6. 6.- *Actualidad*. Obtenido de Madrid Actualidad: <https://www.madridactualidad.es/departamento-de-ventas/> *Artículo de la revista digital*. (02 de septiembre de 2020).

### **Autorización y renuncia.**

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## ALTERNATIVA PARA AVANZAR O REGULARIZAR EL PROGRESO EDUCATIVO DE LOS ESTUDIANTES... CURSO DE VERANO IT ZACATEPEC.

**J. A. Santana-Camilo<sup>1</sup>, J. M. Ramírez-Cuevas<sup>1</sup>, L. E. Rueda-Mata<sup>1</sup>, E. López-Chávez<sup>1</sup>, E. Rodríguez-Zavaleta<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de División de Estudios Profesionales del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México- [jose.sc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.sc@zacatepec.tecnm.mx), [jose.rc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.rc@zacatepec.tecnm.mx), [laura.rd@zacatepec.tecnm.mx](mailto:laura.rd@zacatepec.tecnm.mx), [enrique.lc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:enrique.lc@zacatepec.tecnm.mx), [estela.rz@zacatepec.tecnm.mx](mailto:estela.rz@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** Innovación estratégica de las organizaciones

**Resumen:** El estudiante perteneciente al Tecnológico Nacional de México cuenta con una oportunidad de poder recibir clases en periodo de receso; mejor conocido como cursos de verano. Los cursos de verano son una alternativa que permite al estudiante avanzar o regularizarse en su proceso educativo, este se ofrece de manera presencial, durante cuatro semanas en el Tecnológico de Zacatepec; siendo de gran ayuda para quienes desean avanzar en su retícula de materias; o bien para aquellos que requieren regularizarse. Sin embargo, para poder impartirse estos cursos de verano, es indispensable una serie de actividades, procesos y metodologías para su correcta ejecución; misma que en gran medida es coordinada por el Departamento de la División de Estudios Profesionales, como pilar importante en el desarrollo del proceso para la impartición de estos cursos.

**Palabras clave:** Manual de Lineamientos TECNM, convocatoria, movilidad estudiantil

### Introducción.

Con base al manual de Lineamientos Académico-Administrativos del TecNM, en el capítulo 13: Lineamiento para la operación de cursos de verano, se llevó a cabo la planeación, organización, desarrollo, coordinación y realización de los cursos de verano 2019 en el Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Es necesario recalcar, que los cursos de verano permiten regularizar a los estudiantes que por alguna cuestión se han rezagado en el avance de sus materias o aumentar el progreso para aquellos que desean avanzar en su retícula. Por lo que estos cursos son una alternativa muy importante en cualquiera de estos dos casos.

En el presente trabajo, se pretende dar a conocer la metodología y el procedimiento empleado para que estos cursos se llevaran a cabo; además de mencionar las estadísticas más relevantes y necesarias para la correcta ejecución de estos cursos realizados en el año 2019. Así como evidenciar la importancia de la División de Estudios Profesionales en la realización de estos cursos de manera satisfactoria.

### Fundamento Teórico.

Las diferentes actividades que se llevan a cabo en el desarrollo de un proceso escolar, deben estar sujetos a una programación en la que se establecen fechas para realizar dichas tareas; tal es el caso de los veranos, como comúnmente se le conoce a estos cursos que se ofertan en el período vacacional de verano (frecuentemente en el mes de

julio) por parte del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zacatepec, y que de alguna manera permite a los estudiantes de las distintas carreras que se ofrecen regularizar o progresar en sus respectivos avances reticulares. Para el año 2019, la programación que se estableció se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Fechas y períodos establecidos en el proceso de veranos del año 2019**

Fecha	Actividad
21 de mayo	Publicación de la convocatoria de cursos de verano 2019
Del 21 de mayo al 04 de junio	Captación de solicitudes de curso de verano.
17 de junio	Publicación de cursos aceptados con horario y catedrático propuesto.
De 18 al 22 de junio	Entrega de lista oficial de verano, para revisión por parte de coordinación.
Del 19 al 24 de junio	Realización de pago de respectivo curso de verano solicitado
Del 27 al 28 de junio	Reinscripción de los estudiantes al curso de verano, a través de las coordinaciones de carrera.
Del 01 al 26 de julio	Periodo de VERANO

El proceso para llevar a cabo esos cursos de verano, se inició con la publicación de la convocatoria, donde se establecieron las fechas de inicio y término para dichos cursos, las horas de clase asignadas a cada materia, número total de estudiantes, cantidad de asignaturas que puede cursar un estudiante en esta modalidad de acuerdo al Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México; así como los costos respectivos de acuerdo a las horas para cada uno de estos (ver tabla 2).

**Tabla 2. Distribución y costos de cursos de verano del año 2019, de acuerdo al número de horas establecidas para los mismos.**

Créditos de la asignatura	Horas en Curso de Verano	Costo del curso	Costo Por estudiante (Ajuste a 25) En caso de ser menos será proporcional al costo total	Distribución horas día-semana	Duración
2	30	\$8,575.00	\$343.00	3 horas diaria de lunes a viernes	2 semanas
3	45	\$12,850.00	\$514.00	3 horas diaria de lunes a viernes	3 semanas
4	60	\$17,125.00	\$685.00	3 horas diaria de lunes a viernes	4 semanas
5	75	\$21,400.00	\$856.00	4 horas diarias de lunes a viernes Semana 1, 2 y 3 3 horas diarias de lunes a viernes Semana 4	4 semanas
6	90	\$25,700.00	\$1,028.00	5 horas diaria de lunes a viernes Semana 1 y 2 4 horas diarias de lunes a viernes semana 3 y 4	4 semanas
8	120	\$34,250.00	\$1,370.00	5 horas diaria de lunes a sábado semana 1, 2, 3 y 4	4 semanas

La convocatoria se publicó en la página oficial del Instituto Tecnológico de Zacatepec y se hizo extensiva a los coordinadores de carrera del Departamento de la División de Estudios Profesionales para su difusión.

Con base en el catálogo de asignaturas autorizadas para cursos de verano, los estudiantes presentaron la solicitud de apertura de una asignatura ante la División de Estudios Profesionales; ya que los estudiantes son los encargados de organizar sus respectivos grupos y materias, considerando un mínimo de 15 estudiantes y un máximo de 25, dejando 5 lugares momentáneamente para los casos de movilidad estudiantil. Los grupos que no cumplan con el número mínimo establecido serán analizados por el comité académico y autorizados por la Dirección del Instituto, según las condiciones académicas prevalecientes en la escuela.

La División de Estudios Profesionales en coordinación con los Departamentos Académicos involucrados, realizaron y presentaron un diagnóstico de las asignaturas a ofrecer en verano a la Subdirección Académica, quien es la encargada de autorizar la programación de las asignaturas. La División de Estudios Profesionales publicó hasta con un mes de anticipación a la fecha de inicio de los cursos, las asignaturas y los horarios autorizados para la impartición de dichos cursos.

Los coordinadores de carrera, fueron los responsables de estar en contacto con los estudiantes organizadores de los grupos de verano y resolvieron las dudas que se presentaron; así como guiaron las actividades que se generaron en la continuación del proceso; como fue la entrega de los formatos de solicitud de curso de verano por los estudiantes organizadores, en el que se pidió la información de la materia (nombre, horas y posible horario en el que pretenden cursar la materia), así como la información personal del responsable del curso (nombre, número de control, teléfonos y correo electrónico). De acuerdo con la siguiente tabla número 3, se presenta el número de cursos que se solicitaron y la carrera a la que pertenecen estos para el año 2019.

**Tabla 3. Números de cursos solicitados por carrera.**

CARRERA	Curso Solicitados
IA	15
IBIO	18
ICIV	39
IEME	26
IGE	18
IIND	33
IQUI	9
ISC	26
LTUR	2
<b>TOTAL</b>	<b>186</b>

Por otra parte, y dando seguimiento a las propuestas de las solicitudes de verano se llevó a cabo la formalidad de los cursos de verano, quedando distribuidos de la siguiente manera, como se aprecian en las tablas siguientes:

**Tabla 4. Cursos distribuidos por departamento académico.**

Carrera	Grupos por número de horas					
	45 hrs	60 hrs	75 hrs	90 hrs	120 hrs	Total
Ingeniería Bioquímica	0	0	13	1	0	14
Ingeniería Civil	1	6	20	2	1	30
Ingeniería Electromecánica	0	9	10	3	0	22
Ingeniería en Administración	0	2	7	0	0	9
Ingeniería en Gestión Empresarial	0	1	8	3	0	12
Ingeniería en Sistema Computacionales	0	8	7	1	0	16
Ingeniería Industrial	0	18	12	0	0	30
Ingeniería Química	0	1	6	0	0	7
Licenciatura en Turismo	0	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>84</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>141</b>

**Tabla 5. Cursos distribuidos por departamento académico (tomando en consideración el departamento de Ciencias Básicas).**

Departamento	Grupos por número de horas					
	45 hrs	60 hrs	75 hrs	90 hrs	120 hrs	Total
Ciencias Básicas	0	9	42	2	0	53
Ciencias de la Tierra	1	6	11	2	1	21
Económico Administrativo	0	4	6	1	0	11
Industrial	0	14	5	0	0	19
Metal Mecánica	0	5	6	3	0	14
Química y Bioquímica	0	0	12	1	0	13
Sistemas y Computación	0	7	2	1	0	10
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>84</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>141</b>

Es importante mencionar que para las 141 materias de verano se tuvieron un total de 2606 estudiantes inscritos en ese periodo. A continuación, en la tabla número 6 que presenta el concentrado de estudiantes inscritos para ese periodo por semestre y por carrera; así como la figura número 1 donde se muestra una gráfica con el total de estudiantes inscritos por carrera.

**Tabla 6. Concentrado de número de estudiantes inscritos en verano por semestre y por plan de estudios.**

CARRERA	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	TOTAL
ADM	19	15	10	26	11	34	8	19	1	12			1		156
IBQA	21	62	6	64	9	46	19	34	4	8	1	1			275
ICIV	26	82	37	80	52	101	39	74	24	30	20	7	3	2	577
IEME	9	76	11	64	6	59	13	73	5	37	2	2			357
IGEM	18	27	9	32	16	45	7	24	10	6	3	1			198
IIND	25	105	51	89	46	97	17	56	19	26	8	6			545
IQUI	12	21	24	26	4	25		10	1						123
ISIC	7	63	21	68	4	87	8	69	10	19					356
LTUR	6	5	1	2	4	1									19
<b>TOTAL</b>	<b>143</b>	<b>456</b>	<b>170</b>	<b>451</b>	<b>152</b>	<b>495</b>	<b>111</b>	<b>359</b>	<b>74</b>	<b>138</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2606</b>

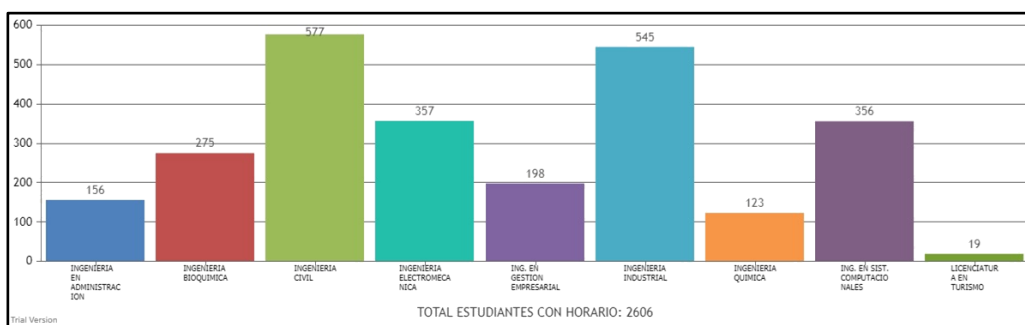


Figura 1. Estudiantes inscritos en el periodo de verano 2019.

Dentro de la información de los estudiantes inscritos para el periodo de verano 2019, también se cuenta con el total de estudiantes por género, es decir, dentro del total de estudiantes por carrera se tiene el conocimiento del número total de hombres y mujeres inscritos. Esto se puede apreciar en la tabla número 7, y en la figura número 2 respectivamente como se presenta a continuación:

Tabla 7. Estudiantes por carrera y género

PLAN ESTUDIOS	Hombres	Mujeres	Total Plan Estudios
INGENIERIA EN ADMINISTRACION IADM-2010-213	66	90	156
INGENIERIA BIOQUIMICA IBQA-2010-207	88	187	275
INGENIERIA CIVIL ICIV-2010-208	445	132	577
INGENIERIA ELECTROMECANICA IEME-2010-210	328	29	357
ING. EN GESTION EMPRESARIAL IGEM-2009-201	60	138	198
INGENIERIA INDUSTRIAL IIND-2010-227	342	203	545
INGENIERIA QUIMICA IQUI-2010-232	53	70	123
ING. EN SIST. COMPUTACIONALES ISIC-2010-224	266	90	356
LICENCIATURA EN TURISMO LTUR-2012-237	9	10	19
<b>Totales:</b>	<b>1657</b>	<b>949</b>	<b>2606</b>

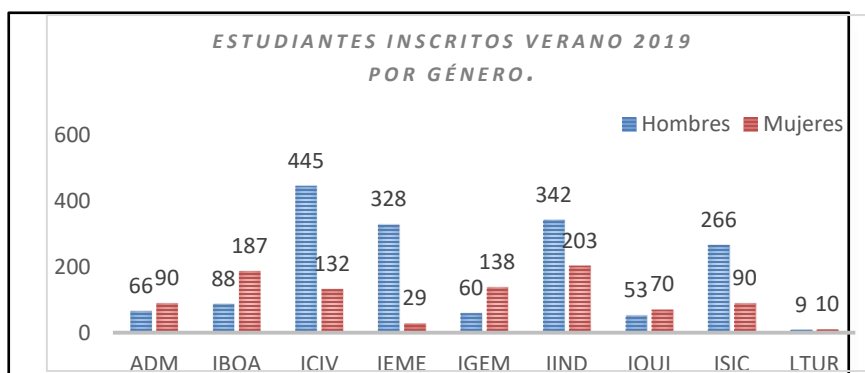


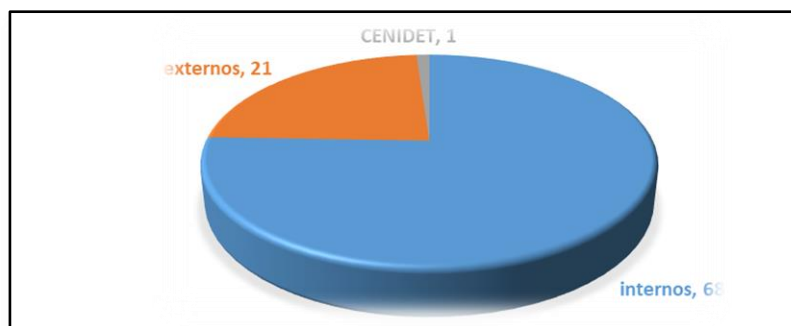
Figura 2. Gráfica donde se aprecia el número de estudiantes por carrera y género.



## Resultados y Discusión.

Es importante mencionar que para que en el Tecnológico de Zacatepec se pudieran ofertar los cursos de verano, fue necesario contratar docentes que reunieran las competencias y el perfil de acuerdo con las materias a impartir; teniendo la posibilidad de recurrir a profesionistas externos, quienes a través de un examen de oposición realizado por las respectivas áreas académicas se determinó si cumplen con dichos requisitos. A continuación, se enlista el personal que participó en la cátedra de los respectivos veranos, y se presentan en la figura número 3.

- 68 catedráticos internos, maestros que ya cubren alguna plaza dentro de la institución.
- 1 catedrático del CENIDET, TecNM.
- 21 catedráticos externos contratados, previamente evaluados.



**Figura 3. Gráfica donde se observa el número de docentes internos (IT Zacatepec) y externos (profesionistas que no pertenecen al Tecnológico de Zacatepec) para el verano 2019.**

Dentro de los cursos de verano, y de acuerdo al Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México, en su capítulo 8 “Lineamiento para la movilidad estudiantil”, se presenta la posibilidad de que el estudiante pueda cursar asignaturas y realizar actividades académicas correspondientes a su plan de estudios en las instituciones adscritas al TecNM, o en las instituciones de educación superior nacionales o extranjeras, diferentes a su instituto de adscripción, con base en los convenios de colaboración establecidos entre las Instituciones involucradas, dando con esto, una oportunidad de realizar cursos de verano, especialidad, residencia profesional, veranos de investigación, entre otros, dentro o fuera de las instituciones adscritas al TecNM, de acuerdo con el punto 8.4.1. del citado Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del TecNM.

Sobre lo anterior, se presenta las siguientes figuras donde se aprecia el número de estudiantes recibidos en movilidad para cursar verano de acuerdo con su institución de procedencia.

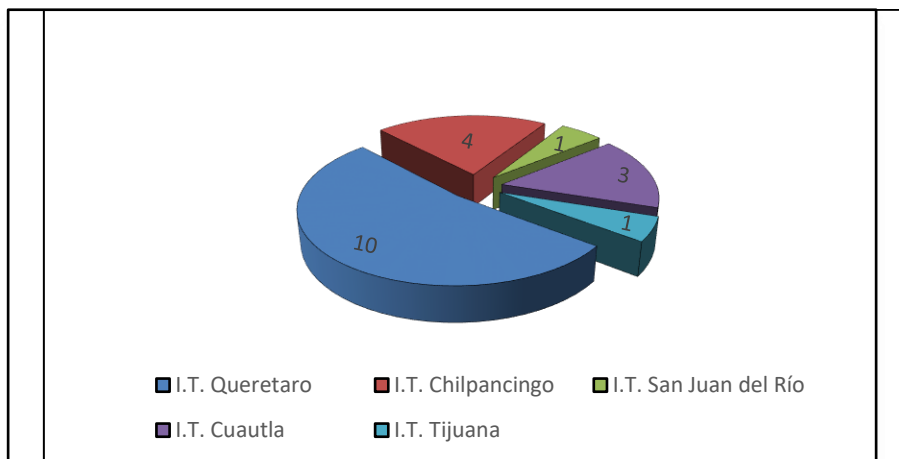


Figura 4. Gráfica donde se aprecia el número de estudiantes recibidos en movilidad en verano 2019 de Institución de origen

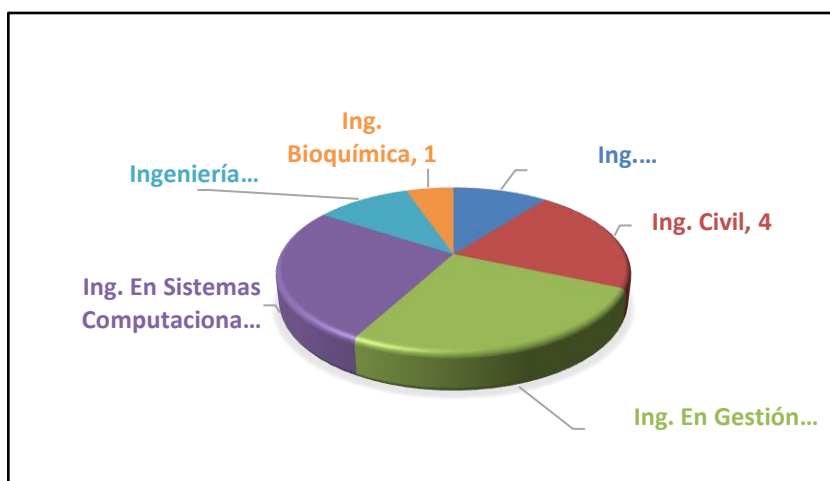


Figura 5. Gráfica donde se aprecia el número de estudiantes recibidos en movilidad en los programas de estudios en el Instituto receptor.

## Conclusiones.

De acuerdo con la tabla número 5, el departamento de Ciencias Básicas es el que presenta la mayor cantidad de materias a impartir en verano, pues en este departamento se encuentran las materias de tronco común de las todas las carreras que se imparten en el Tecnológico de Zacatepec, seguido por los departamentos de Ciencias de la Tierra e Industrial con más veranos solicitados debido a que actualmente son las carreras con mayor número de estudiantes inscritos.

Con la información de la tabla número 6, se obtiene que el mayor número de estudiantes a cursar veranos se encuentran en el 2°, 4°, 6° y 8° semestres, debido a que el número de estudiantes que ingresan en el periodo agosto-diciembre es mayor al de enero-junio;

además de que con esto también se observa claramente la necesidad que el estudiante tiene por regularizar su situación académica o avanzar en la misma.

Por otra parte, también es importante mencionar que el porcentaje de estudiantes de sexo masculino representa el 63.58%, mientras que el femenino tiene el 36.42%, donde se muestra que a pesar de ser carreras de ingeniería se cuenta con un porcentaje considerable de mujeres; teniendo con esto una gran aceptación por estudiantes de ambos sexos y oportunidades de igualdad.

Dentro del proceso para llevar a cabo la impartición de veranos, el departamento de la División de Estudios Profesionales juega un papel sumamente muy importante para que estos puedan llevarse a cabo; siendo en gran medida un apoyo y alternativa para que los estudiantes avancen o se regularicen durante su formación en sus respectivos programas educativos.

### **Agradecimientos.**

A la institución por la confianza en la propuesta de las estrategias aplicadas.

### **Referencias**

1. Instituto Tecnológico de Zacatepec (2019), Convocatoria de verano 2019. Sitio web: <http://itzzacatepec.edu.mx/index.php/estudiantes/1570-convocatoria-de-verano-2019>.
2. Tecnológico Nacional de México. Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México. Planes de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales. Capítulo 8 "Lineamiento para la movilidad estudiantil", pp 38-43. Octubre 2015.
3. Tecnológico Nacional de México. Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México. Planes de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales. Capítulo 13 "Lineamiento para la operación de cursos de verano", pp 77-83. Octubre 2015.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

# LECCIONES DEL MODELO DE EDUCACIÓN DUAL PARA EL DISEÑO DE LA ESPECIALIDAD DE LA INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL: EL CASO DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA “ACHTLI”.

D.M. Díaz-Duarte<sup>1</sup>, R. Yáñez-Hernández<sup>1</sup> y J.C. Ortega-Millán<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México.

[dulce.dd@zacatepec.tecnm.mx](mailto:dulce.dd@zacatepec.tecnm.mx), [roberto.yh@zacatepec.tecnm.mx](mailto:roberto.yh@zacatepec.tecnm.mx), [jeanett.om@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jeanett.om@zacatepec.tecnm.mx)

*Área de participación: Innovación estratégica de las organizaciones*

**Resumen:** Este artículo muestra el proceso de implementación y evaluación del Programa de educación dual del Tecnológico Nacional de México (TecNM) en el campus Zacatepec, para el diseño de la especialidad del programa educativo de Ingeniería en Gestión Empresarial; se presenta la metodología empleada, el plan de acción para la implementación de este y se evalúan los resultados para cada uno de los protagonistas: el alumno, la empresa y el instituto. La empresa en la cual se llevó a cabo el desarrollo de este modelo pertenece al sector agroindustrial, y está ubicada en el estado de Morelos, las conclusiones propondrán a otros actores interesados en este modelo a revisar variables y factores que podrían conducir a un mejor diseño e implementación en otras áreas del conocimiento.

## Introducción.

La crisis económica contemporánea ha llevado a un incremento del desempleo mundial en el que los jóvenes menores de 24 años resultan ser los más perjudicados.

Si bien este fenómeno llama la atención de gobiernos e instituciones, en el caso del sector educativo se han puesto en práctica algunas fórmulas que permitan a los egresados de las carreras en el nivel superior coadyuvar tanto en el detonante de desarrollo económico a nivel microempresarial como a crear las oportunidades de empleo para insertarse de primera instancia en el mercado laboral.

Así mismo, las experiencias que se han implementado en esta dinámica de reciprocidad entre educación y trabajo les han permitido a las escuelas actualizar sus programas de especialidad con un elevado grado de pertinencia y correspondencia entre lo que se imparte en aula en las diferentes materias como lo que se demanda en el campo de trabajo.

El Tecnológico Nacional de México, de quien depende el Instituto Tecnológico de Zacatepec, promueve la denominada “educación dual”, consistente en que, por lo menos, los estudiantes que ya están en posibilidades de realizar su residencia profesional al término de su carrera se desempeñen plenamente insertos en el proceso de elaboración de productos o la generación de servicios en empresas de las localidades que cada plantel atiende en la zona geográfica donde está enclavado.

Este artículo presenta los contenidos nuevos en el diseño de la especialidad de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial que resultaron de la experiencia que se ha tenido desde hace dos años con la empresa agroindustrial alimentaria ACHTLI que se ubica en el sur del Estado de Morelos, luego de exponer brevemente el fundamento teórico que describe la relación entre educación superior y trabajo, algunos datos de la industria

agroalimentaria en Morelos y la metodología que hemos implementado en el caso específico.

### **Educación Superior y Trabajo**

La sociedad deja en las instituciones educativas la consigna de la formación del individuo en áreas que demanda el mercado de trabajo y su desarrollo, mientras que en la formación en la carrera intenta suplir una necesidad dentro de la sociedad y es a partir de esta visión teórica de orientación Durkheimniana que se pretende analizar las partes de estas representaciones colectivas que son “el producto de un consenso social relativo a la forma y al contenido dado a una entidad considerada como pertinente para el colectivo social que corresponda” (Durkheim, 1898; Jodelet, 1989; Poche, 1995)

En este trabajo de investigación colocamos en un plano de esa representación lo que la sociedad espera del egresado de la escuela y en un segundo plano -representado por el alumno, el docente y el empresario- la intención de la implementación de una estrategia de formación llamada Educación Dual en el diseño de la especialidad de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial.

### **Agroindustria alimentaria en Morelos**

Morelos se ha destacado en su historia y economía como una entidad preeminentemente agroindustrial, sin embargo, cada vez son menores las áreas cultivables debido a fenómenos como el desplazamiento por la mancha urbana, el emporio agroindustrial del azúcar y la contaminación. (Ávila Sánchez, 2001), lo que ha orillado a la industria agroalimentaria a comprar los insumos de su demanda no satisfecha en otros mercados nacionales e incluso internacionales.

Entendemos a la industria agroalimentaria como el sector que agrupa el conjunto de las operaciones relacionadas con la producción de bienes y servicios originados en el cultivo de la tierra, efectuados en unidades de producción industrial.

### **Metodología.**

Esta investigación se realizó con la colaboración de tres actores estrictamente necesarios: el cuerpo colegiado para la implementación de la especialidad dual, directivos y empleados de la empresa Achtli alimentos nutritivos S. A. de C.V. y los alumnos participantes del programa, bajo la metodología que establece el Modelo de Educación Dual para nivel licenciatura del TecNM que fue el siguiente:

1. Elaboración del Análisis del entorno de las empresas agroindustriales del estado de Morelos.
2. Análisis y determinación de las competencias profesionales necesarias en la agroindustria alimentaria morelense.
3. Diseño del plan de Proyecto integral de educación dual del plan de estudios Ingeniería en Gestión empresarial.

4. Establecimiento de indicadores de operación y eficiencia de la empresa y del alumno resultado de la implementación del Proyecto integral de educación dual en la empresa Achtli alimentos nutritivos S.A de C.V
5. Instrumentación del Proyecto integral de educación dual en la empresa Achtli alimentos nutritivos S.A de C.V.
6. Ejecución del Proyecto integral de educación dual por parte de los estudiantes del plan de estudios IGE del TecNM.
7. Recopilación de la información y evaluación de las competencias desarrolladas por los estudiantes en su estancia en la empresa y de los indicadores alcanzados por la empresa.
8. Análisis de la información
9. Presentación de resultados

### **Resultados y Discusión.**

En el sector de la agroindustria alimentaria del estado de Morelos en el mercado específico de las denominadas botanas nutritivas a base de semillas y frutos secos y mazapanes gourmet, en nuestra búsqueda identificamos las siguientes empresas:

1. Achtli Alimentos Nutritivos S.A de C.V.
2. Agroindustrias XOMOR S.A de C.V.
3. Productos Don Cacahuate.
4. Cacahuates de Morelos S. de R.L.: Grupo Martín Cubero.

Las actividades realizadas por estas empresas, es utilizar los productos de origen del sector primario en una transformación de tipo manufacturera o industrial y que incluyen el corte, licuado y otros cambios similares; empaçado, envasado y etiquetado; adición de conservadores, modificaciones en el sabor o color; mezcla de diferentes productos; tostado, cocción, refrigeración y congelación, entre muchas otras.

En la cadena de valor de la industria se les considera distribuidores secundarios, en la "Clasificación del sector agroalimentario según el Sistema de clasificación Industrial de América del Norte" (SCIAN), pertenecen al capítulo 311, industria alimentaria y caen en dos subcapítulos el 3113: Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares y en el subcapítulo 3112: Molienda y mezcla de granos y semillas.

No hay un dato acerca de la aportación al PIB estatal de esta industria, sin embargo, para el estado de Morelos el sector primario aporta el 3.0%. Y ninguno de los alimentos necesarios para el funcionamiento de esta empresa aparece como primeros lugares de producción nacional, ni local.

De estas 4 empresas, se pudo tener contacto con las primeras dos, siendo Achtli la única interesada en un proyecto de educación dual. El Instituto tiene firmado un convenio de colaboración con la empresa, por lo que se decidió iniciar con esta empresa, esperando que en el futuro las demás empresas requirieran participar.

Achtli está dedicada a la elaboración de alimentos nutritivos, utilizando fórmulas que ellos mismos diseñan a base de ingredientes naturales como: cacahuete, maíz, amaranto,



chícharo, piñón, lenteja y haba. Formó parte del distintivo y sello de garantía Orgullo Morelos, este distintivo que otorgaba el gobierno estatal, engloba la calidad, autenticidad y sustentabilidad de los productos morelenses.

Esta empresa se encontraba en una etapa de estandarización de procesos y consolidación administrativa y financiera lo que permitió a nuestros estudiantes la formación y desarrollo de competencias profesionales establecidas en los perfiles de egreso de la Ingeniería en Gestión Empresarial.

Las áreas en las cuales la empresa requería apoyo de los estudiantes y docentes fueron las siguientes:

Tabla 1. Necesidades de la empresa Achtli Alimentos Nutritivos S.A de C.V.

No.	Áreas de oportunidad
1	Planeación financiera eficiente
2	Desarrollo de proyectos especiales de producción.
3	Diseño de productos innovadores de impacto regional y nacional
4	Mercados de exportación de granos y semillas.
5	Compra, transferencia y uso de tecnología.
6	Registro de patentes y desarrollos innovadores.

Una vez analizadas, las necesidades, se procedió a preparar el plan para el diseño del proyecto integral de educación dual para el programa educativo de ingeniería en gestión empresarial, el cuerpo académico está formado por expertos en las áreas de derecho, contabilidad, mercadotecnia y economía. Después de un análisis minucioso de las necesidades de esta empresa, y de contrastar las competencias profesionales de los planes de estudio de este departamento; este cuerpo decidió utilizar la especialidad que diseñó el Tecnológico Nacional de México para este programa educativo, que se denomina: Innovación, el cual consta de 6 materias y 30 créditos que son las siguientes:

Tabla 2. Asignaturas que se utilizaron para desarrollar los proyectos de la empresa.

No.	Asignaturas de la especialidad
1	Entorno de la Innovación
2	Propiedad Intelectual
3	Gestión Financiera para Proyectos de Innovación
4	Análisis Estratégico de la Tecnología
5	Transferencia y Comercialización de Tecnología
6	Habilidades Blandas en la Gestión de Tecnología

Este programa de educación dual cuenta con las siguientes competencias profesionales: 31 competencias específicas contenidas en 6 competencias genéricas, una por cada materia, en cada una de estas asignaturas debían desarrollarse proyectos específicos para la solución de los problemas de operación de la empresa.

Los indicadores de operación y eficiencia para las partes involucradas se establecieron por el logro de las competencias alcanzadas por el alumno y los proyectos entregados a la empresa. (Ver tabla 3 y 4)

Para los docentes los indicadores se cumplían si los dos actores cumplían sus objetivos en su totalidad, es decir que el alumno logrará todas las competencias profesionales planteadas y la empresa contará con la totalidad de los proyectos necesarios para su operación.

Se elaboró un instrumento (cuestionario) para la medición del logro de competencias profesionales, que se aplicó al alumno y se contrastó con la calificación obtenida en la asignatura, utilizando las rúbricas de evaluación de éstas, como segundo medio de validación, así como la calificación obtenida. Los resultados de dicho análisis se muestran a continuación:

Tabla 3. Indicador de operación y eficiencia: Competencias alcanzadas.

Tipo de profesional	Propuestas	Alcanzadas	No alcanzadas
Genéricas	6	4	2
Específicas	31	25	6
TOTAL	37	29	8

El alumno refiere que las competencias profesionales que no logró, corresponden a las materias: Propiedad intelectual y Transferencia y comercialización de la tecnología.

Tabla 4. Indicador de operación y eficiencia: Proyectos realizados.

Proyectos realizados	Propuestos	Realizados
	Totalmente	6
	Parcialmente	0
	No se hicieron	0
TOTAL		6

El único proyecto que se terminó totalmente fue el de la materia Gestión Financiera para proyectos de innovación.

Tabla 5. Asignatura y proyecto con nivel de cumplimiento completo.

Materia	Proyecto
Gestión Financiera para proyectos de innovación	Elaborar un programa anual de gestión financiera para determinar la rentabilidad y riesgo de la puesta en marcha de un proyecto para la empresa, a través del uso adecuado de los financiamientos que ofrece el gobierno, así como los inversionistas, socios y aliados

Tabla 6. Asignaturas y proyectos con nivel de cumplimiento parcial.

Materia	Proyecto
Entorno de la Innovación	Desarrollar y gestionar el proceso de innovación tecnológica de la empresa; para lograr la transferencia y/ comercialización de tecnología.
Análisis Estratégico de la Tecnología	Determinar la viabilidad comercial y técnica de una idea de negocios de la empresa Ahtli, aplicando diversas herramientas y/o técnicas de la gestión estratégica.
Transferencia y Comercialización de Tecnología	Realizar el análisis de los diferentes modelos de vinculación, de transferencia y comercialización de tecnología, así como el diseño de los instrumentos legales y convenios aplicables específicamente para este fin que puede desarrollar la empresa

Habilidades Blandas en la Gestión de Tecnología	Realizar un diagnóstico de las habilidades que requiere implementar en la empresa, así mismo se hizo una propuesta de integración de habilidades blandas en los procesos de gestión de esta.
---	--

Tabla 7. Asignatura y proyecto sin realizarse

Materia	Proyecto
Propiedad Intelectual	Diseñar las estrategias para la protección de la Propiedad Intelectual (PI), y transferencia de tecnología como una opción para la generación de ventajas competitivas de la empresa Achtli S. A de C. V.

El alumno refiere que la empresa tenía otras prioridades y enfocó sus esfuerzos al desarrollo del plan de gestión financiera.

El comparativo de las calificaciones con el logro de las competencias es congruente.

### Conclusiones.

El modelo de educación dual del TecNM en el campus Zacatepec, tiene que diseñarse para sectores de la industria, no para empresas específicas, dada la reducida actividad económica del estado en el que nos encontramos y que por normatividad del instituto signamos convenio de colaboración.

El logro de las competencias profesionales está sujeto a muchas variables no controlables por la institución educativa y que de manera laxa se dejan a criterio de la empresa participante. El Instituto a través de los diferentes departamentos involucrados deben de evaluar a las empresas, antes de diseñar estos programas para empresas específicas, ya que no hay una correspondencia entre el trabajo que realizan las academias y el desempeño y compromiso de la empresa.

Las empresas elegibles para implementar este modelo tienen que contar con la capacidad financiera y administrativa; para que los alumnos que estén insertos en éstas puedan acceder a verdaderas oportunidades de desarrollo y crecimiento profesional y cuenten con un apoyo económico suficiente para realizar sus actividades de manera digna.

Las lecciones que nos da esta primera experiencia confirman que este modelo no es efectivo para todas las empresas, debido a los factores no controlables, pero siempre es beneficiosa para los alumnos y docentes, permite adquirir nuevas competencias profesionales en el ámbito académico laboral.

### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las siguientes personas: Ing. Georgina Segura Pastrana, directora general de Achtli alimentos nutritivos S.A de C.V., C.P. José David Rivera Vences, administrador general de Achtli alimentos nutritivos S.A de C.V., Ing. José Valente Castillo Cabrera, jefe de producción de Achtli alimentos nutritivos S.A de C.V., Tania Yetlanesi Muñoz Ruiz, alumna participante en el modelo de educación dual.

Y por último al cuerpo colegiado para la implementación del modelo de educación dual de la academia del departamento de Ciencias Económico-Administrativas.

## Referencias

1. Alianza FiiDEM. (2014). Estudio de la Demanda de las Carreras de Ingeniería y de Mejores Prácticas Internacionales sobre Vinculación para la Formación. México, D.F. Alianza FiiDEM. Para artículos: R. Ling; M. Yoshida; P.S. Mariano J. Org. Chem. 1996, 61, 4439.
2. Anaya, S., (2002) Las Representaciones Sociales: Eje Teórico para su Gestión. Ed. Flacso.
3. Ávila Sánchez, H., (2001) La agricultura y la industria en la estructuración-territorial de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
4. CONALEP. (2013). Modelo Mexicano de formación Dual. Recuperado de: <http://www.conalep.edu.mx/academicos/Paginas/mmfed.aspx>
5. DGEST. (2012). Modelo Educativo para el siglo XXI: Formación y desarrollo competencias profesionales. México D.F.: Sfera Creativa.
6. Fundación Heinrich Böll Stiftung/Fundación Rosa Luxemburg. (2019). Atlas de la agroindustria - Datos y hechos sobre la industria agrícola y de alimentos 2019. Edición México. Fundación Heinrich Böll Ciudad de México, México y el Caribe y la Fundación Rosa Luxemburg, Oficina Regional para México, Centroamérica y El Caribe.
7. Jürgen Lindemann, H., (2019). El modelo dual. ¿Una alternativa para la crisis de la formación profesional en México? México D.F.: Fundación Friedrich Ebert. Representación en México.
8. Escobedo Bocado S., Pérez Terrazas J.E., Córdova Rivera P., Valdés Flores J.V. (2017). El modelo de educación dual y algunas experiencias en una institución mexicana de ingeniería. Saltillo, Coahuila. TecNM. Revista Electrónica ANFEI digital. Año 4.No.7.
9. Mora, M. (2002) La Teoría de las Representaciones Sociales de Serge Moscovici. Recuperado de: <http://blues.uab.es/athenea/num2/Mora.pdf>
10. Moscovici, S. (1961). El psicoanálisis, su imagen y su público. Buenos Aires. Huelmul.
11. Subsecretaría de Educación superior. (2020). Sistema de educación dual México D.F. Recuperado de: [http://www.sems.gob.mx/es\\_mx/sems/modelo\\_mexicano\\_formacion\\_dual](http://www.sems.gob.mx/es_mx/sems/modelo_mexicano_formacion_dual)
12. TecNM. (2014). Proyectos Integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales del Tecnológico Nacional de México. Documento curricular, 2da. México: Tecnológico Nacional de México.
13. TecNM/MEDTecNM (2015). Modelo de educación dual para nivel licenciatura del Tecnológico Nacional de México. México D.F. Recuperado de: [https://www.tecnm.mx/images/areas/docencia01/Libre\\_para\\_descarga/Modelo\\_Dual/MODELO\\_DUAL\\_2015\\_TecNM.pdf](https://www.tecnm.mx/images/areas/docencia01/Libre_para_descarga/Modelo_Dual/MODELO_DUAL_2015_TecNM.pdf)

## Autorización y renuncia.

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## PLATAFORMA EDUCATIVA DIGITAL COMO ALTERNATIVA PARA LA EDUCACIÓN EN LINEA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN

**R.J. Castro-Lara<sup>1</sup>, V.E. Higareda-Arano<sup>2</sup>, D. Melgarejo-Galindo<sup>3</sup>, L. Melgarejo-Galindo<sup>4</sup>, A.E. Rivera-Meza<sup>5</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván- Carretera Cardel Chachalacas km4.5. [rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx](mailto:rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx) <sup>2</sup> Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván- [victor.ha@ugalvan.tecnm.mx](mailto:victor.ha@ugalvan.tecnm.mx) <sup>3</sup> Departamento Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván [doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx](mailto:doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx) <sup>4</sup> Departamento Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván [loida.mg@ugalvan.tecnm.mx](mailto:loida.mg@ugalvan.tecnm.mx) <sup>5</sup> Departamento de Ingenierías del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván- [adriana.rm@ugalvan.tecnm.mx](mailto:adriana.rm@ugalvan.tecnm.mx)

**Área de participación:** *Innovación Estratégica de las Organizaciones*

**Resumen:** En la actualidad la educación ha tomado un giro inesperado, derivado de la pandemia que atacó al mundo entero, las clases se tornaron de una manera completamente en línea, por tal motivo muchas instituciones optaron por utilizar plataformas educativas digitales para dar seguimiento a sus clases y continuar con la atención a sus estudiantes, siendo una de estas instituciones el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, el cual viene impartiendo clases semipresenciales, desde el año 2008, mediante una plataforma gratuita, por la situación de la pandemia, se decidió implementar una alternativa con costo, para la atención de sus estudiantes en sus 5 carreras, dos modalidades, escolarizada y mixta, así como sus 3 unidades académicas.

La presente investigación describirá el servicio que se otorga mediante la plataforma educativa digital con costo, con respecto a sus docentes y estudiantes, mediante un instrumento de medición aplicado a los usuarios, un cuestionario de 19 ítems. Analizando el funcionamiento de dicha plataforma, para cumplir con las necesidades educativas, que enmarca cada uno de los programas de estudio, y recomendando mejoras en este proceso.

### Introducción.

La tecnología ha tomado un rumbo importante en cuanto a educación se refiere, derivado de la pandemia Covid 19, las instituciones educativas tuvieron que tomar una nueva alternativa de enseñanza completamente en línea. Situación que pone a los actores principales, en una situación de actualización y aplicación de diferentes aplicaciones digitales para continuar con la comunicación efectiva con sus estudiantes.

En el caso específico que compete a esta investigación hablaremos de la situación que enmarca las actividades del proceso educativo en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, utilizando una plataforma educativa digital con sus estudiantes en la modalidad escolarizada, puesto que, en la modalidad mixta, ya se utilizaban diferentes herramientas digitales para la atención a sus estudiantes.

La formación en ambientes virtuales surge como nuevo paradigma metodológico, tanto para la investigación como para la generación de nuevas estrategias y procesos educativos, asumiendo el reto tanto en la calidad pedagógica como la calidad tecnológica.(Ardila, 2011)

De acuerdo con Nieto y Rubio, citado por Carmona (2017), hoy la informática y sus usos han evolucionado a un concepto más amplio: el de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) o para algunos autores Tecnologías de la Información (TI) , mientras que para otros, Tecnologías de la Información, la Comunicación y el Conocimiento (TICC), pero todas estas siglas involucran a un conjunto de tecnologías entre las cuales se incluyen, la informática, telecomunicaciones y redes de dispositivos móviles, luego surgieron las TIC aplicadas a la educación, como sistemas de apoyo, tanto a la formación presencial, como al aprendizaje en línea, creando nuevos entornos, los cuales, oscilan desde la virtualidad como apoyo a la presencialidad, hasta la virtualidad total, en función de los tipos de iniciativa, tecnología utilizada y demanda que se quiere suplir.

El Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván está por cumplir 45 años de ofrecer un servicio de calidad educativa, cuenta con certificaciones de calidad en la norma ISO 9001:2015, premios de calidad como “Palmas de Oro” y el reconocimiento como el mejor instituto en la zona agropecuaria Veracruz, se ha caracterizado por una atención amable, eficiente, y siempre preocupado por su comunidad y su entorno, a través de diversos proyectos y programas que sirven de apoyo a las antes mencionadas, desde el año 2008 ha trabajado mediante una plataforma educativa sin costo, la cual ha permitido la atención de los estudiantes en su modalidad no escolarizada- a distancia- mixta. Para este ciclo escolar se implementó el uso de una plataforma educativa digital con costo, y la premura de esta investigación es descifrar los beneficios que se otorgan para ofrecer un servicio de calidad a los estudiantes de las 5 carreras, 2 modalidades y 3 unidades académicas.

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

El ITUG ha utilizado una herramienta de gestión de aprendizaje (LMS Learning Content Management) de nombre Moodle cuya popularidad en el mercado es grande debido a que es gratis, de fácil integración, de código abierto (cualquiera puede modificarlo) y posee una comunidad de soporte muy grande alrededor del mundo, aunque se necesita de personal dedicado al mantenimiento del servidor y depuración de los servicios.

Debido a la gran carga de trabajo que se aumentó al pasar todas las actividades escolares, el ITUG necesitaba de personal de apoyo para realizar el mantenimiento de los servicios y la ventaja de contratar una plataforma con costo, además de las ventajas de la versión libre de Moodle, la posibilidad de que el mantenimiento corriera a cargo de ellos.

La suspensión de clases presenciales inició en marzo del 2020, el ITUG utilizó la plataforma libre Moodle desde el servicio de GNOMIO hasta finalizar el semestre Enero-Junio 2020, mientras finalizaba este semestre ya había pláticas para cambiar al servicio de pago en una plataforma educativa digital, y fue en agosto cuando se dio el banderazo de salida para su total uso entre docentes y estudiantes. Las herramientas utilizables para los estudiantes en la plataforma son:

- ✓ Inicio de sesión seguro
- ✓ Recurso: Foro



- ✓ Recurso: Videoconferencia
- ✓ Recurso: Exámenes
- ✓ Recurso: Wikis
- ✓ Recurso: Calificaciones
- ✓ Recurso: Asistencia
- ✓ Recurso: Chat
- ✓ Recurso: Portafolio de evidencias
- ✓ Recurso: Equipo de trabajo
- ✓ Anuncios en el muro

Para los docentes, además de las anteriores, están disponibles:

- ✓ Registro de actividades
- ✓ Recurso: TCU
- ✓ Recurso: Miembros
- ✓ Recurso: Replicar grupo
- ✓ Recurso: rúbricas
- ✓ Ponderaciones

Ello propicia la conveniencia de la presente investigación, derivando la pregunta de investigación ¿Cómo es la satisfacción del servicio por parte del usuario en una plataforma con costo para continuar con el proceso educativo?, que a través del presente estudio se dará respuesta. Considerando la pregunta de investigación se dio paso al objetivo general “Evaluar la satisfacción del usuario respecto al servicio de una plataforma educativa digital con costo para el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván”. Como objetivos particulares, medir la satisfacción en cada uno de los recursos que ofrece la plataforma educativa digital con costo; Y por último como hipótesis: “la satisfacción del usuario respecto al servicio de una plataforma educativa digital con costo para el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván es buena”.

La investigación se realizó sobre la satisfacción del usuario referente a la plataforma educativa digital del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, para la cual se utilizó la técnica encuesta y se diseñó como instrumento de medición un cuestionario integrado por preguntas de opción múltiple, dirigido a estudiantes y personal del tecnológico.

Posee un método cuantitativo de tipo aplicativo debido a que tiene como finalidad resolver un problema, mejorando el contexto es cuantitativa. De acuerdo con Del Canto & Silva, (2013) la investigación cuantitativa desde una perspectiva holística permite abordar el objeto de estudio obteniendo resultados más concretos y fiables que permitan alcanzar los objetivos planteados en la investigación dando un mayor aporte a las ciencias sociales.

Es transversal porque se toma una sola muestra. (Casas A. et al., 2003) afirma que el estudio transversal también es conocido como encuesta de frecuencia o estudio de prevalencia. Por ello se define el uso de este estudio al realizarse en un tiempo determinado y en una población específica.

Para la validación del cuestionario, se aplicó prueba piloto durante el periodo octubre 2020. Con la validación, se realizó la encuesta final durante el periodo del 01 de noviembre al 25 de noviembre del año 2020, a dos tipos de usuarios, siendo dos poblaciones de estudio: la primera población son los estudiantes del ITUG de primer a séptimo semestre en la modalidad escolarizado que asciende a 805 alumnos, de los que se tomó una muestra al azar de 260 jóvenes; y la segunda población, los 70 docentes del tecnológico, de los que se tomó una muestra de 67 trabajadores, a conveniencia y considerando los usuarios por activos que en ese periodo utilizaban la plataforma educativa digital, se realizó el cuestionario que consta de 19 items, de lo que se obtuvieron datos que fueron tabulados y representados gráficamente en hoja de cálculo, para su posterior análisis e interpretación.

## Resultados y Discusión.

Con la encuesta aplicada a los usuarios principales de la plataforma educativa digital de paga, se obtuvieron los siguientes resultados, que permitieron el logro de objetivos y evaluación de la hipótesis

El acceso a la plataforma de paga fue calificado por los docentes por el 3% como pésimo, por el 6% como malo, por el 56.7% como bueno, el 25.4% como Muy bueno y por el 9% como excelente. Por otra parte, los estudiantes calificaron este elemento como pésimo por el 4.2% de los encuestados, 12.3% malo, 52.3% bueno, 18.5% muy bueno y 12.7% como excelente.

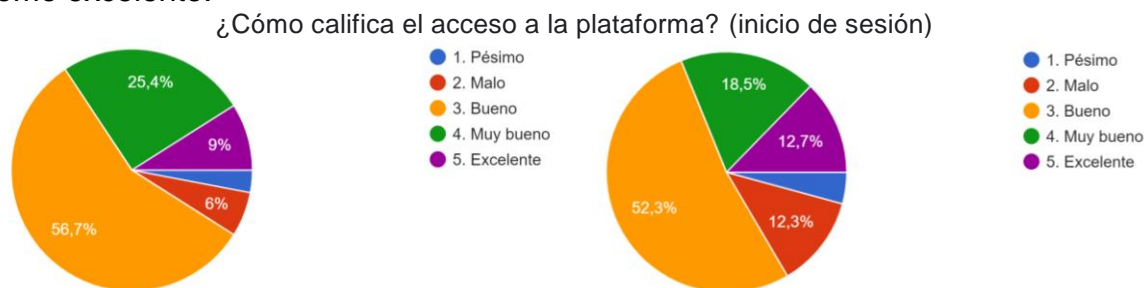


Figura 10. ¿Cómo califica el acceso a la plataforma? (I) Docentes, (D) Estudiantes

El recurso “FOROS” fue evaluado por los docentes por el 6% como pésimo, 11.9% como malo, 31.3% como bueno, 14.9% como muy bueno, 4.5% excelente y 31.3% no utilizó este recurso. Los estudiantes evaluaron este recurso con un 4.6% como pésimo, 7.3% malo, 48.5% bueno, 15.4% muy bueno, 8.1% excelente y el 16.2% no lo utilizó.

¿Cómo califica el recurso "FOROS"?

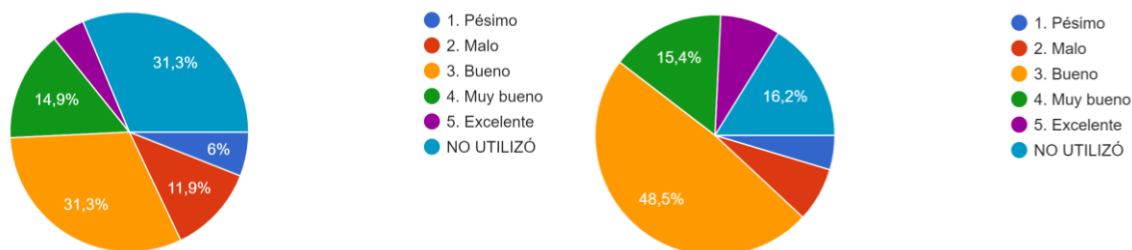


Figura 11 ¿Cómo califica el recurso "FOROS"? (I) Docentes, (D) Estudiantes

El recurso "VIDEOCONFERENCIAS" fue evaluado por los docentes por el 11.9% como pésimo, 25.4% malo, 22.4% bueno, 22.4% muy bueno, 7.5% excelente y el 10.4% no utilizó este recurso. Los estudiantes evaluaron este recurso como pésimo por un 6.5%, 14.2% malo, 42.7% bueno, 12.7% muy bueno, 11.2% excelente y el 12.7% no utilizó este recurso.

¿Cómo califica el recurso "VIDEOCONFERENCIAS"?

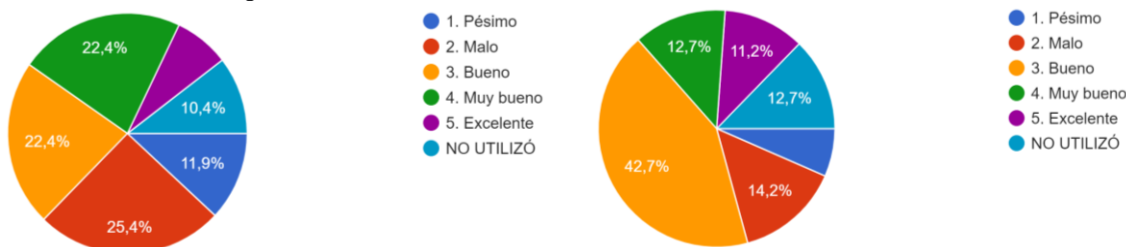


Figura 12 ¿Cómo califica el recurso "VIDEOCONFERENCIAS"? (I) Docentes, (D) Estudiantes

El recurso "EXÁMENES", fue evaluado por los docentes encuestados como pésimo por el 10.4% pésimo, 17.4% malo, 34.4% bueno, 10.4% muy bueno, 3% excelente y el 23.9% lo utilizó el recurso. Los estudiantes evaluaron este recurso como pésimo por el 4.6% de los encuestados, 10% malo, 50% bueno, 16.2% muy bueno, 5.4% excelente y el 13.8% no utilizó el recurso.

¿Cómo califica el recurso "EXÁMENES"?



Figura 13 ¿Cómo califica el recurso "EXÁMENES"? (I) Docentes, (D) Estudiantes

El recurso "CHAT" fue evaluado por los docentes por el 11.9% como pésimo, 10.4% malo, 38.8% bueno, 13.4% muy bueno, 6% excelente y el 19.4% no utilizó el recurso. Los estudiantes evaluaron este recurso como pésimo por un 7.3%, malo 7.3%, 43.8% bueno, 12.7% muy bueno, 9.2% excelente y el 19.6% no utilizó el recurso.

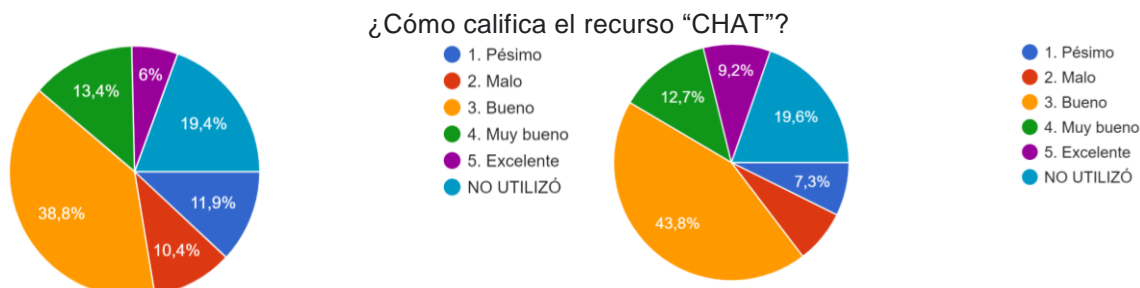


Figura 14 ¿Cómo califica el recurso "CHAT"? (I) Docentes, (D) Estudiantes

La funcionalidad de los ANUNCIOS fue evaluada por los docentes como pésimo por el 9% de los encuestados, 19.4% malo, 38.8% bueno, 19.4% muy bueno, 11.9% excelente y el 1.5% no utilizó este recurso. Los estudiantes evaluaron este recurso como pésimo por el 6.9% de los encuestados, 8.8% malo, 46.5% bueno, 16.2% muy bueno, 11.5% excelente y el 10% no utilizó este recurso.

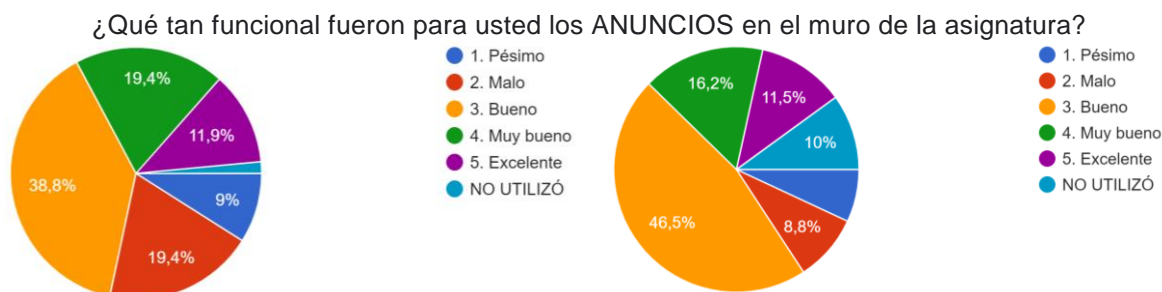


Figura 15 ¿Qué tan funcional fueron para usted los ANUNCIOS en el muro de la asignatura? (I) Docentes, (D) Estudiantes

Por último, la satisfacción del uso general de la plataforma fue evaluado y los resultados fueron por parte de los docentes, pésimo 5%, malo 42%, bueno 27%, muy bueno 7%, 0% excelente y un 19% no respondió. Por parte de los estudiantes la satisfacción fue evaluada con un 2% como pésimo, 36% malo, 32% bueno, 11% muy bueno, 1% excelente y un 18% de los encuestados no respondió a la pregunta.



Figura 16 ¿Cómo califica la satisfacción en general el uso de la plataforma? (I) Docentes, (D) Estudiantes

## Conclusiones.

Es importante evaluar la satisfacción del usuario respecto al uso de las plataformas educativas digitales, puesto que serán el medio complementario para continuar con el proceso de enseñanza aprendizaje. Y poder emitir recomendaciones, con los resultados obtenidos se logra cumplir con el objetivo principal de esta investigación “Evaluar la satisfacción del usuario respecto al servicio de una plataforma educativa digital con costo para el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván”, como lo indica la figura 7, con ello dando respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cómo es la satisfacción del servicio por parte del usuario en una plataforma con costo para continuar con el proceso educativo?, El objetivo particular se cumple con los resultados de las gráficas 1-6 respectivamente. Finalmente se rechaza la Hipótesis planteada para la presente investigación, “la satisfacción del usuario respecto al servicio de una plataforma educativa digital con costo para el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván es buena”, como lo podemos observar en la figura 7, donde usuarios como docentes y estudiantes, contestaron con un porcentaje de 42% y 36% , es malo, siendo este porcentaje el más alto de los dos rangos de usuarios encuestados, con lo que podemos concluir, que los usuarios se encuentran mayormente relacionados con la plataforma educativa digital gratuita, y se puede continuar con las actividades por ese medio, evitando el costo excesivo que genera para el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, la contratación de otra plataforma educativa. Se propone capacitación potencial en la plataforma educativa digital gratuita, para continuar con su uso, y evitar el pago que genera la nueva alternativa, la cual, como se observa en las gráficas no tuvo una aceptación completa por parte de los usuarios.

## Agradecimientos.

La presente investigación no podría llevarse a cabo sin el apoyo de la Dirección y Subdirección Académica, proporcionando el acceso a la plataforma educativa digital, y colaborando con la realización de las encuestas por parte de los docentes y los estudiantes del Tecnológico Nacional de México campus Úrsulo Galván.

## Referencias

1. Ardila, R. M. (2011). Indicadores de calidad de las plataformas educativas digitales. *Educación y Educadores*, 14(1), 189–206. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-12942011000100011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-12942011000100011)
2. Carmona S., E. J. (2017). Buenas prácticas en la educación superior virtual a partir de especificaciones de estándares e-Learning. *Sophia*, 13(1), 13–26. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.13v.1i.345>
3. Casas A., J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(03)70728-8)
4. Del Canto, E., & Silva S. A. (2013). Metodología Cuantitativa: Abordaje Desde La Complementariedad En Ciencias Sociales. *Revista de Ciencias Sociales*, 0(141). <https://doi.org/10.15517/rcs.v0i141.12479>

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## CULTURA AMBIENTAL EN LAS EMPRESAS DEL MUNICIPIO DE ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ.

L. Melgarejo-Galindo<sup>1</sup>, R. J. Castro-Lara<sup>2</sup>, D. Melgarejo-Galindo<sup>3</sup>, B. F. Leal-Enriquez<sup>4</sup> y V. E. Higareda Arano<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván - Carretera Cardel Chachalacas km 4.5 [laida.mg@ugalvan.tecnm.mx](mailto:laida.mg@ugalvan.tecnm.mx), <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván [rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx](mailto:rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx), <sup>3</sup> Departamento Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván [doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx](mailto:doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx), <sup>4</sup> Departamento Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván [brayanleal14@hotmail.com](mailto:brayanleal14@hotmail.com), <sup>5</sup> Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván [victor.ha@ugalvan.tecnm.mx](mailto:victor.ha@ugalvan.tecnm.mx)

*Área de participación: Innovación estratégica de las organizaciones*

**Resumen:** La cultura ambiental establece los parámetros de relación y reproducción social con relación a la naturaleza. Para Bayón (2012), debe estar sustentada en la relación del hombre con su medio ambiente, y en dicha relación está implícito el conjunto de estilos, costumbres y condiciones de una sociedad con una identidad propia, basada en tradiciones, valores y conocimientos. Asimismo, Roque (2003, p. 10) establece “la cultura es un patrimonio y un componente del medio ambiente”. La conservación del medio ambiente es básica para la subsistencia, es importante que en todos los ámbitos y niveles se dé prioridad a esta temática y el sector empresarial no es la excepción. Así, surge la importancia de desarrollar la presente investigación, misma que se deriva del proyecto que se realiza en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, se pretende identificar el nivel de valoración por parte del sector empresarial, referente a las actividades desarrolladas en estudios de impacto ambiental y su ocupación en el cuidado del medio ambiente, se busca describir como desempeñan las actividades de acuerdo a los criterios establecidos de cultura ambiental. La investigación es cualitativa, de corte trasversal debido a que se recolectó la información en un tiempo específico, como técnica se empleó la entrevista, utilizando como instrumento un cuestionario estructurado, tipo escala de Likert, con escala de valoración. Con lo se espera cumplir el objetivo general de evaluar la cultura ambiental en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.

### Introducción.

El problema del progresivo deterioro ambiental y social se ha atribuido a ciertas creencias o formas de ver el mundo que establecen, en gran parte, los valores y las actitudes con respecto al medio ambiente y a los otros seres humanos que generarán determinados comportamientos o conductas ecológicas. Todo esto en conjunto determina la cultura ambiental que identifica a los pueblos.( Miranda,2013).

En el ámbito empresarial, principalmente hablando de los países desarrollados, parte importante de los nuevos mercados, generalmente aquellos existentes en países desarrollados, han introducido exigencias ambientales cada vez más estrictas, todo enfocado a las necesidades de crear una mayor conciencia ambiental de parte de los consumidores, trabajadores y empresas; esto debido a las presiones establecidas por la sociedad, políticas y ámbito económico, es decir, el ambiente externo de la organización, así mismo cada vez más las organizaciones ven la necesidad de cumplir lineamientos en torno a la conciencia ambiental, debido a la competitividad donde los requerimientos no únicamente van enfocados a las empresas y trabajadores que por cumplir con dichas reglas, se ven en desventaja para poder competir con los productos extranjeros, pero



además también a nivel local, lo que genera la necesidad de que todas las empresas productoras de bienes y/o servicios, consideren los factores ambientales dentro de su proceso de toma de decisiones, transformándose en una variable importante en el logro de una competitividad empresarial. (Cerda,2003).

Por tal razón es importante formar desde edades tempranas una adecuada cultura ambiental que se refleje en todos los ámbitos del desempeño de los seres humanos, como alternativa para preservar el medio ambiente (MIRANDA, 2013). En el presente trabajo de investigación forma parte de un proyecto de investigación que se realiza en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván el cual lleva como título Cultura ambiental en las empresas de la zona centro del Estado de Veracruz. Las actividades se realizaron en un periodo de 15 semanas para el desempeño de actividades hasta la obtención de resultados, como consiguiente los temas principales en los cuales tomamos profundización en estudio de impacto ambiental, la aplicación de programas de manejo de desechos, ahorro de agua y la iluminación, se presentan avances de los resultados acerca de los estudios de impacto ambiental y del cuidado del medio ambiente por arte de las empresas de la región, se busca comprobar o rechazar la hipótesis propuesta, misma que menciona, la cultura ambiental se implementa frecuentemente en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.

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

Según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, medio ambiente es el conjunto de circunstancias físicas que rodean a los seres vivos.

Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Así, impacto ambiental proviene del cambio de la valoración del medio (calidad ambiental) debido a los cambios en el ambiente producidos por una acción humana. Salvador, A. G., et al. (2005). Dichas acciones dependen de la forma en que como seres humanos accionamos ante nuestro entorno, misma que varía de acuerdo a nuestros hábitos, costumbres y políticas del lugar donde nos desenvolvemos, es decir, de nuestra cultura ambiental. (MARTINEZ, 2013).

La cultura ambiental establece los parámetros de relación y reproducción social con relación a la naturaleza. Para Bayón (2012), ésta debe estar sustentada en la relación del hombre con su medio ambiente, y en dicha relación está implícito el conjunto de estilos, costumbres y condiciones de vida de una sociedad con una identidad propia, basada en tradiciones, valores y conocimientos. Así mismo, Roque (2003), citado por Miranda (2013), dice que la cultura es un patrimonio y un componente del medio ambiente; por lo tanto, su conservación es un derecho soberano de cada pueblo. Todas las características de la cultura están influenciadas por el entorno natural en el que se desarrolla la sociedad; este entorno tiene una gran influencia en el carácter de identidad cultural de los pueblos. Por lo tanto, cada civilización deja huella en sus recursos naturales y en su sociedad de una forma específica, y los resultados de ese proceso de transformación determinan el estado de su medio ambiente. Cuando el sistema de valores materiales y espirituales se construye a partir del uso racional de los recursos

naturales, basado únicamente en necesidades reales, la sociedad está orientada hacia el desarrollo sostenible. (MIRANDA 2013).

Básicamente, la cultura ambiental “es la forma como los seres humanos se relacionan con el medio ambiente” (Ramírez, 2019,p. 204). Ello a su vez determina el comportamiento hacia el entorno que nos rodea, en base a una serie de valores. Entendiéndose como una actitud ante la vida, que nos permite cuidar y preservar el medio ambiente, implica poner en práctica los siguientes comportamientos: alimentar la conciencia, sensibilidad y sentido de pertenencia por lo que nos rodea; enseñar buenos hábitos hacia la preservación del ambiente y los recursos; transmitir mensajes con contenido conservacionista que incentiven la participación de las personas y establecer un contacto sano y respetuoso con la naturaleza. (Ramírez, 2019).

La investigación deriva del proyecto general Cultura ambiental en las empresas de la zona centro del estado de Veracruz, posee un método cualitativo de tipo aplicativo debido a que tiene como finalidad es resolver un problema, mejorando el contexto. Es transversal porque se toma una sola muestra. Álvarez & Delgado (2015) afirma que el estudio transversal también es conocido como encuesta de frecuencia o estudio de prevalencia. Por ello se define el uso de este estudio al realizarse en un tiempo determinado y en una población específico. La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que busca determinar el nivel de cultura ambiental en las empresas de Úrsulo Galván.

El estudio de campo se desarrolló en la localidad de Úrsulo Galván, en el que se utilizó la técnica la encuesta y se utilizó como instrumento de medición un cuestionario integrado por 17 preguntas de escala tipo Likert referente donde se incluyen preguntas con relación a las temáticas de: manejo de desechos, manejo del agua, manejo de electricidad; el diseño y validación del instrumento se aplicó en agosto-septiembre de 2019, de lunes a viernes, en horarios de 09:00 a 16:00 horas, por ser horarios en los que se encuentran los empresarios o responsables de las empresas objeto de estudio, que son quienes contaban con información necesaria para responder dicho cuestionario. Con la validación del instrumento, se procedió a su aplicación final de forma impresa a una muestra de PYMES de mencionada localidad, durante el periodo de septiembre a noviembre de 2019 en los mismos días y horarios en los que se realizó la validación. De acuerdo a la lista proporcionada por la dirección de desarrollo económico y municipal de Úrsulo Galván, se encuentran registradas 127 empresas de la cual se tomó una muestra de 40, considerando la disponibilidad de los empresarios a responder el cuestionario debido a sus múltiples actividades. Finalmente, posterior a la aplicación del instrumento, se recopiló la información para su tabulación, representación gráfica y análisis, que facilitó el logro de los objetivos de investigación, evaluación de la hipótesis, así como la generación de conclusiones y recomendaciones.

## **Resultados y Discusión.**

De acuerdo a la aplicación de instrumento el cual consistía en un cuestionario tipo Likert el cual se aplicó en el lugar de Úrsulo Galván, a un total de 40 empresas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Referente al giro de la empresa, nos da como resultados porcentuales que un 53% son de servicios, 47 % comercial y un 0% industrial para el desarrollo de Úrsulo Galván.

En relación de estudios de Impacto Ambiental, se especifica que el 5% de las MiPyME lo realizan de manera muy frecuente, un 17% frecuentemente, 32% ocasionalmente, 33% casi nunca y 13% nunca. Lo cual manifiesta que las MiPyME tienen un 33% en que, casi nunca han realizado un estudio de impacto ambiental. (figura 1)

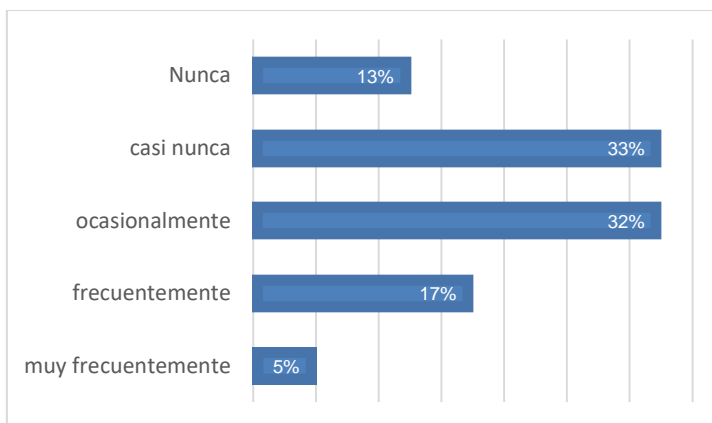


Figura 1. Estudio de impacto ambiental  
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Considerando la realización de un plan de higiene y seguridad, se identificó que el 12% de las empresas encuestadas lo realizan de manera muy frecuente, un 35% frecuentemente, 43% ocasionalmente, 10% casi nunca y 0% nunca. Lo cual manifiesta que manera general u ocasional la mayoría implementa dicho plan.

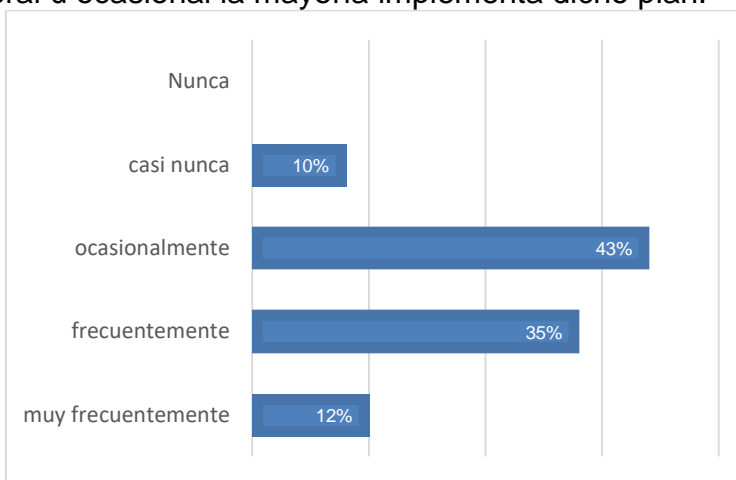


Figura 2. Plan de higiene y seguridad en el trabajo  
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Referente a si las empresas han sido acreedoras a multas o sanciones por problemas de índole ambiental, nos dice que el 0% de las empresas han sido merecedoras a una multa de dicho tipo, el 7% frecuentemente, el 8% ocasionalmente, 30% casi nunca y 55%

nunca. Lo cual manifiesta que las empresas no han tenido problemas por sanciones o multas al no respetar, no ser revisados o no incurrir en problemas ambientales. (Figura 3).

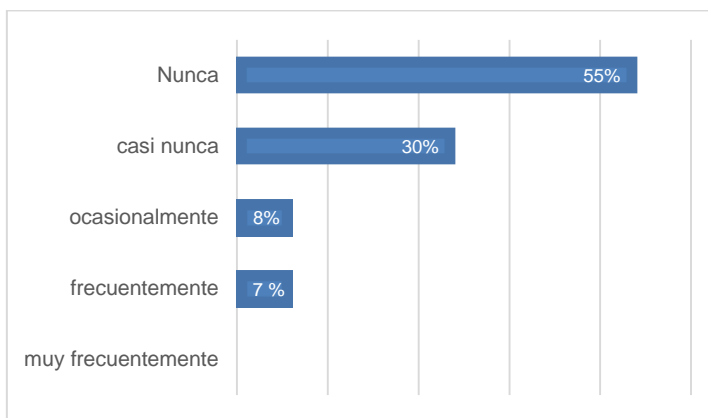


Figura 3. Multas y Sanciones ambientales  
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Al ser cuestionados por si se preocupan por el cuidado del medio ambiente, el 20% de los empresarios especifican que contribuyen de manera muy frecuente el cuidado del medio ambiente, un 40% frecuentemente, 35% ocasionalmente, 5% casi nunca y 0% nunca. Lo que indica que en su totalidad de mayor en menor grado realizan actividades para cuidar el medio ambiente, ver figura 4.

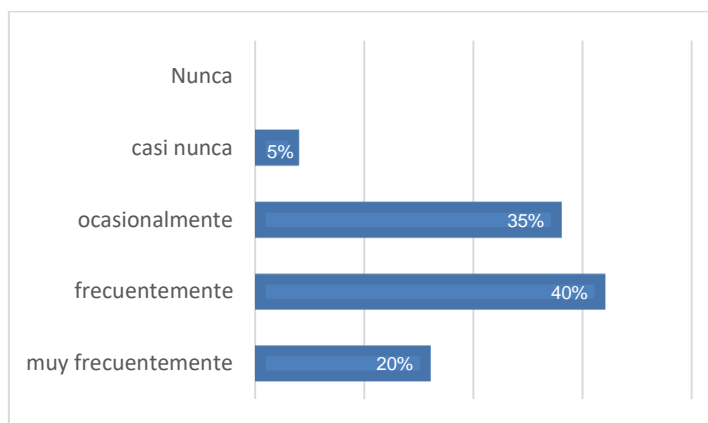


Figura 4. Cuidado del medio ambiente  
Fuente: Elaboración propia, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se hace necesaria una cultura ambiental que coadyuve al cuidado de los recursos, se coincide con Espitia & Astrid (2015) que “la sociedad demanda cada vez más a las empresas con un comportamiento social y medioambiental responsable...” (Ramos et al., 2009), citado por Bonilla et al; (2017) mencionan que:...la sociedad es cada vez más consciente respecto a los problemas

sociales y ambientales, por lo que demanda la incorporación de principios y prácticas de la Responsabilidad Social Empresarial. Un creciente número de consumidores busca productos que no dañen su salud y no perjudiquen al medioambiente, lo que para las empresas y sus distribuidores es una oportunidad de diferenciación, que les coadyuve al posicionamiento y competitiva.

Hoy en día son necesarios los cambios socioculturales para ello es necesario remitirnos a una compleja combinación de conceptos y prácticas con fines de desvelar los profundos significados del desarrollo, de la sostenibilidad, o de lo que en algunos círculos se considera que debe ser una educación cuya finalidad explícita o implícita sea conformar una «nueva cultura ambiental». (MEIRA, 2015).

Se hace evidente que es necesario un reforzamiento en los hábitos empresariales por mejorar el cuidado de los recursos necesarios para la empresa, específicamente los naturales, aquellos indispensables y que no son renovables, una competencia que permita mejorar dichos recursos, al respecto VECINO (2012, p. 109), define la competencia ambiental empresarial como “el conjunto de comportamientos observables, individuales y/o colectivos que promueven, favorecen y aseguran una cultura empresarial Herramientas cultura ambiental sostenible de respeto por lo ambiental con independencia de la empresa a la cual pertenece”. Esta es la definición que se propone como herramienta básica más adecuada para las pymes, y en consecuencia cada empresa deberá capacitar y evaluar la aplicación de dicha competencia.

Notamos que la concientización es fundamental para lograr acrecentar dicha cultura en pro del cuidado del medio ambiente, por ello, de acuerdo a la empresa ECO CONSULTA afirma: “que la cultura ambiental corporativa está conformada por dos acciones básicas: la primera es lograr que todas las áreas que conforman la empresa estén en sinergia con el desempeño ambiental de las personas y la segunda, posicionar en el talento humano los valores ambientales individuales y sociales.”

El papel de la empresa, dueño o empresario es crucial para lograr dicha concientización y manejo y cuidado de recursos y residuos en pro del medio ambiente, por ello se coincide con que deben implementarse una estrategia empresarial integral.... quien define la gestión ambiental como aquella que incorpora los valores del desarrollo sostenible en las metas corporativas y que a su vez integra prácticas, programas y políticas de respeto con el medioambiente (Vásquez & Vargas, 2013). Con ello se hace necesario la existencia de las buenas prácticas medioambientales como requisito para la implementación de un plan de manejo ambiental dentro de una pequeña o mediana empresa.

Con referencia a lo anterior se cumple con el objetivo de evaluar la cultura ambiental en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.

Así mismo se cumplen los objetivos particulares de determinar la importancia de la cultura ambiental en las empresas de Úrsulo Galván, municipio de Úrsulo Galván las cuales reflejan que por los bajos porcentajes no se tiene una cultura de cuidado del medio ambiente, cumpliendo así con el segundo objetivo particular que busca identificar la cultura ambiental en la localidad de Úrsulo Galván, municipio Úrsulo Galván.

Por lo tanto la hipótesis de trabajo de, la cultura ambiental se implementa frecuentemente en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. Se rechaza de acuerdo a los resultados obtenidos.

### **Conclusiones.**

De acuerdo al giro de la empresa, se dividen entre servicios y comercial al ser 53 y 47% respectivamente. Al cuestionar si realizan estudios de impacto ambiental el 33% casi nunca lo realiza, el 32% ocasionalmente lo ha realizado, y el 5% de las pymes de manera muy frecuente, lo que significa que no es una actividad recurrente (figura 1), respecto a planes de higiene y seguridad el 43% de las empresas lo realizan ocasionalmente, el 35% frecuentemente, el 12% de manera muy frecuente, y el 10% casi nunca, (figura 2), lo que significa que es un plan cotidiano para varias empresas pero aún existen empresas que no le dan importancia a dicha actividad. En lo referente a mercedoras de multas o sanciones por el incumplimiento de normas ambientales el 55% especifica que nunca y el 30% que casi nunca ha sido multada, lo que se refiere que no se dé seguimiento o realicen actividades de revisión o bien todas las empresas cumplen con las actividades establecidas en la normatividad (figura 3), situación que se refleja en la figura 4, que especifica el 20% de las empresas especifican que muy frecuentemente se preocupan por el cuidado del medio ambiente, el 40% ocasionalmente, el 35% ocasionalmente, lo que demuestra que no tienen una frecuencia permanente en la preocupación del cuidado del medio ambiente.

### **Agradecimientos.**

Al Tecnológico Nacional de Mexico Campus Úrsulo Galván por las facilidades e prestadas para realizar la presente investigación, a integrantes del cuerpo académico Gestión e innovación en las organizaciones (ITURG-CA-4) y al tesista Brian Francisco Leal Enríquez

### **Referencias**

1. Álvarez H. G y Delgado-D. J. (2015). Diseño de Estudios Epidemiológicos. I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. Bol Clin Hosp Infant Edo Son 2015; 32(1): 26-34
2. Bayón, M. C. 2012. El lugar de los pobres: espacio, representaciones sociales y estigmas en la ciudad de México. Revista mexicana de sociología, 74(1), 133-166.
3. Bonilla Coto, D., Durán Saavedra, F., Díaz Espinoza, R., & Salazar Chacón, J. P. (2017). Propuesta de un modelo de responsabilidad social para el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM) en busca de un mejor desarrollo para las comunidades del Gran Área Metropolitana.
4. Cartea, P. Á. M., & Gómez, J. A. C. (2006). La geometría de la educación para el desarrollo sostenible, o la imposibilidad de una nueva cultura ambiental. Revista iberoamericana de educación, (41), 103-116
5. Cerda, A. (2003). Empresa, competitividad y medio ambiente. Panorama socioeconómico.
6. ECOCONSULTA. Cultura ambiental corporativa como herramienta de gestión. <http://ecoconsulta.com.co/sitio/e>
7. Espitia C. & Astrid A. (2015). La responsabilidad social empresarial (RSE) como elemento estratégico en las mipymes colombianas Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. IV, núm. 14, junio, 2015, pp. 75-84 Universidad de Carabobo Carabobo, Venezuela.



8. Martínez Castillo, Róger (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, XIV (1), 97-111. [Fecha de Consulta 24 de Abril de 2021]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194114419010>
9. Miranda M., L. M. (2013). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales. *Producción + Limpia*, 8(2), 94-105. Retrieved April 04, 2021, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552013000200010&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552013000200010&lng=en&tlng=es).
10. Meira, P. Á. (2015). De los Objetivos de Desarrollo del Milenio a los Objetivos para el Desarrollo Sostenible: el rol socialmente controvertido de la educación ambiental. *Educació Social. Revista d'Intervenció Socioeducativa*, 61, 58-73.
11. Ramírez Caviedes, M. P. (2019). *Inclusión de la dimensión ambiental, desde la complejidad, para promover la cultura ambiental en la universidad de cundinamarca—sede fusagasugá* (Doctoral dissertation).
12. Rosales, A., & Carmen, J. (2019). Promoviendo una educación y cultura ambiental responsable en estudiantes de nivel secundario de último año del CPI Francisco Bolognesi, para incentivar a buenas prácticas ambientales en la comunidad estudiantil, 2019.
13. Salvador, A. G., Alcaide, A. S., Sánchez, C. C., & Salvador, L. G. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson Educación.
14. Vásquez, P. C. F., & Vargas, J. L. A. (2013). Estado del arte de los sistemas de gestión ambiental y procesos de producción más limpia en empresas del sector productivo de pereira y dosquebradas. *Páginas: Revista académica e institucional de la UCPR*, (94), 1.
15. Vecino, J. M. (2012). Competencias ambientales empresariales definición, caracterización y aplicación.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES PARA LA APERTURA DE NEGOCIOS COMERCIALES EN TIEMPOS DE CONTINGENCIA

**E. De la Cruz-Nicolás<sup>1</sup>, O. A. Pliego-Martínez<sup>2</sup>, A. Gómez-Cárdenas<sup>3</sup>, C.M. Romano-Acevedo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Cuautla- [ernesto.delacruz@cuautla.tecnm.mx](mailto:ernesto.delacruz@cuautla.tecnm.mx), Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N, Col. Juan Morales, C.P. 62826, Yecapixtla, Morelos, <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Milpa Alta- [odette.pm@milpaalta.tecnm.mx](mailto:odette.pm@milpaalta.tecnm.mx), <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Cuautla- [angelica.gomez@cuautla.tecnm.mx](mailto:angelica.gomez@cuautla.tecnm.mx), <sup>4</sup>Departamento de Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Cuautla- [carlos.romano@cuautla.tecnm.mx](mailto:carlos.romano@cuautla.tecnm.mx)

**Área de participación:** Innovación Estratégica de Las Organizaciones

**Resumen:** Debido a las contingencias que suceden en nuestro país y en el mundo, las autoridades gubernamentales de las distintas localidades o regiones, implementan medidas de protección para salvaguardar la integridad de la ciudadanía; en las cuales aplican mecanismos de prueba y error que impactan en la vida económica de los negocios comerciales y otros entornos. Se analizaron los datos estadísticos económicos de la Secretaría de Economía en México, observando que durante las contingencias, se refleja una caída económica en los negocios. En dichos periodos existe déficit de mercancías, costos excesivos, se refleja temor a realizar inversiones y se incrementa el pánico en las personas al no poder hacerle frente a sus gastos. En este trabajo se muestra una propuesta de un escenario donde se presenta una planeación de apertura en los negocios comerciales que permita continuar con su proceso y coadyuvar a mantener su economía; sin corromper las estrategias de protección.

### Introducción.

En la actualidad los cambios de la naturaleza o acciones de la sociedad ocasionan situaciones que impactan en la integridad de la misma, por lo cual se hace necesario o indispensable contar con un plan de contingencia que garantice el adecuado restablecimiento y correcto funcionamiento de los servicios comerciales ante cualquier eventualidad, en el menor tiempo posible. El Plan de Contingencia implica un análisis de los posibles riesgos a los cuales pueden estar expuestos los seres humanos. Las investigaciones realizadas a la fecha que hacen referencia a dichas contingencias son muy específicas, esto se debe a la complejidad computacional que puede surgir si se quiere obtener de manera general una solución. Las áreas que han realizado trabajos enfatizando en la planeación, por ejemplo la agropecuaria, sistemas, sismos, educación, entre otras son las siguientes:

Un primer trabajo corresponde a (M. Á., 2017), quien realizó la propuesta del PLAN DE CONTINGENCIA ANTE UN BROTE DE LA RAZA 4 TROPICAL; este plan de contingencia tiene como objeto principal proporcionar las bases técnicas y reglamentarias para implementar los programas nacionales de contingencia y las acciones encaminadas a identificar, erradicar, contener y/o manejar adecuadamente cualquier introducción o brote de la raza 4 tropical; que es el agente causal de la Marchitez por Fusarium de las musáceas, que llegue a presentarse en un país de la región del OIRSA.

Un segundo trabajo de (GONZALO, 2017), se denomina: PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE LA EMPRESA RAMON & ROMERO COMPUTADORAS Y SUMINISTROS DE LA CIUDAD DE QUEVEDO. El trabajo está enfocado en diseñar un plan de contingencia para el departamento de sistemas de la empresa. Este trabajo muestra las estrategias de planificación referente a los activos, y en este caso, hace referencia a las computadoras y suministros.

Un tercer trabajo de (Bustamente, 2017), lleva por título PROPUESTA DE UN PLAN DE CONTINUIDAD DE NEGOCIO PARA UNA INSTITUCIÓN FINANCIERA DEL SECTOR PRIVADO BANCARIO DEL ECUADOR. El plan en específico es aplicado al manejo de ahorros, préstamos e inversiones de los clientes, se exponen constantemente a contingencias o eventos que pueden afectar notoriamente el normal desempeño de la organización objeto de estudio, algunos de los riesgos más comunes es la presencia de terremotos, inundaciones, robos, desorganización y mala administración de los recursos.

El cuarto trabajo hace referencia a la simulación de escenarios que presenta (F. YÉPEZ MOYA, 1996), lo nombra como SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE DAÑO SÍSMICO EN ZONAS URBANAS, en dicho trabajo presenta una metodología para realizar un proceso de simulación del daño en edificios de mampostería no reforzada existentes en una zona urbana. A partir de la simulación del comportamiento de miles de edificios hipotéticos y de un estudio probabilista de los resultados. Este trabajo muestra una metodología que permite realizar una simulación de un escenario en específico.

Finalmente un quinto trabajo de (N. McGinn, 2014) con el título SISTEMA EDUCATIVO MEXICANO (UN MODELO DE SIMULACIÓN DE ESCENARIOS). En esta investigación se construyó un modelo de simulación implementado en microcomputadora que permite utilizar información heurística en un esquema básico de matrículas y costos unitarios del sistema educativo formal. Este trabajo muestra una heurística que fue usada en la simulación.

En la actualidad no existe algún trabajo que haga referencia a la planeación, metodología, técnica o algún modelo que permita mostrar un proceso que se deba seguir para la apertura de negocios comerciales durante alguna contingencia, tomando en cuenta las variables que establecen las autoridades correspondientes para salvaguardar la seguridad integral de la ciudadanía. Se requiere una planeación existente que permita guiar a un conjunto de entes; ésta puede lograr el objetivo de proteger a los ciudadanos.

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

Para este caso de estudio, se analizan escenarios considerando variables que permitan obtener una planificación adecuada en la apertura de negocios en centros comerciales durante una contingencia que contribuyan a una mayor organización en los ciudadanos; evitando aglomeraciones en puntos que normalmente hay mucha concurrencia. El impacto en déficit y costos excesivos de productos disminuirán, ya que existirá una mejor coordinación entre las autoridades y ciudadanos que se involucren en tal contingencia.

Para la presente investigación se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Cuautla y plantea una planificación de actividades que se ajuste al problema real, es decir proponer un diseño de planeación de apertura de negocios que permita continuar con la actividad comercial durante alguna contingencia, con el objetivo de no afectar a los negocios y clientes bajo ciertas condiciones; respetando las medidas establecidas por las autoridades.

Este diseño de planeación plantea y toma en cuenta ciertos elementos que afectan este proceso, como son los factores externos e internos que se ven involucrados, tal es el caso del giro del negocio, cantidad de personas que asisten al lugar, horarios de apertura y cierre, distancia entre negocios, tipo de personas que acuden, entre otros. Con base en lo anterior, se propone una planificación (G. Eppen, 2000) de ciertas acciones que se deben realizar de manera secuenciada para continuar con la actividad comercial.

Para llevar a cabo una planeación en la reapertura de negocios, cada una de las actividades a considerar debe tener un tiempo de realización. Dado que dichas actividades son tareas que se deben llevar a cabo de manera secuencial; se realiza la construcción de una red, la cual se basa en los modelos de programación por redes; mismos que se utilizan para planear, programar y controlar proyectos (Buffa, 1983).

Las características de una red son (Taha, 2004):

- Una red contiene nodos y arcos.
- Los nodos representan eventos en el proyecto. Un evento es considerado como el inicio o fin de una actividad específica.
- Las actividades o tareas son los arcos de la red. Entre dos nodos se encuentran las actividades del proyecto.

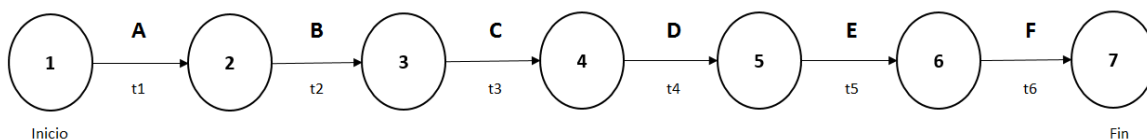


Figura 1. Red de planeación de actividades.

Descripción de cada una de las actividades de la red:

**A. Analizar las condiciones del lugar.** Se consideran tres factores principales:

- Tipo de negocios existentes en el lugar.
- Afluencia de personas que acuden al lugar.
- Horario de apertura y cierre de cada negocio.

**B. Recopilar datos.** En este punto se lleva a cabo la obtención de la información a través de reportes del lugar, datos oficiales, etc. Para este caso se obtiene el número de personas que acuden a cada negocio, horario de apertura y cierre del mismo.

**C. Análisis de la información.** Una vez que se tiene la información anterior, se depuran los datos y se hace uso de las herramientas de estadística para obtener los resultados esperados.

**D. Construcción de la relación entre los negocios.** En este apartado haremos uso de la teoría de grafos (A. M. Vieites Rodríguez, 2014); los cuales son representados por nodos y arcos, a continuación se describe la red.

*Nodos:* El número de negocios existentes.

*Arcos:* La relación existente entre todo par de negocios que sí pueden abrir a la vez; es decir, existe conexión si ambos negocios pueden aperturar al mismo tiempo. No existe conexión si ambos negocios tienen mucha concurrencia y no se pueden abrir a la vez.

*Tiempo:* t =horas, días, semanas, meses o años.

*Ponderación:* Se asigna un puntaje en la escala del 1 al 100 %, definido como como la para determinar los negocios con mayor cantidad de gente como se muestra en la tabla 1.1 un valor de 100 a los negocios más congestionados y 1 a los que casi no tienen afluencia de personas. Este dato va en función de la *Población*, al cual se define como el promedio de personas que acuden al lugar en un período de tiempo determinado.

Determinación de la relación entre negocios para elaborar la red (figura 2).

- Analizar el tipo de negocio, ya que no es conveniente que dos negocios que tienen el mismo giro, abran el mismo día; sobre todos si ambos tienen mucha concurrencia de personas.
- Identificar los negocios con mayor afluencia de gente al lugar y los que tienen poca afluencia para analizar la posibilidad de abrir juntos.
- Revisar horario en el que abre y cierra cada negocio para determinar intervalos donde se juntan o lapsos donde no se traslapan las personas que acuden al lugar.

Tabla 1. Rango de pesos.

Interpretación	Rango
Afluencia Extrema	(80, 100]
Afluencia Alta	(60, 80]
Moderada Afluencia	(40, 60]
Poca Afluencia	(20, 40]
Muy Poca Afluencia	[1, 20]

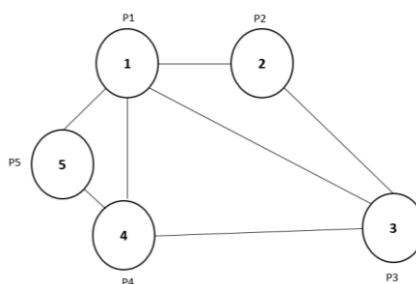


Figura 2.- Grafo de relación entre negocios.

**E. Estudiar las relaciones entre negocios.** A partir de la red se obtiene la matriz de adyacencia A de nxn (Nesetril, 2008), con n = número de nodos y cuyos componentes están descritas en la figura 3. La matriz Permite visualizar y analizar la asignación de

bloques de negocios que abrirán en ciertos periodos de tiempo determinados; con base en el tipo de contingencia que se presente.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si existe relación entre el nodo } i \text{ con } j, \text{ para } i \neq j \\ 0 & \text{No existe relación entre el nodo } i \text{ con } j, \text{ para } i \neq j \end{cases}$$

Figura 3.- Definición de la matriz.

Nodos	N 1	N 2	...	N <sub>n</sub>
N 1	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$
N 2	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2n}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N <sub>n</sub>	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nn}$

Figura 4.- Matriz de adyacencia entre nodos.

**F. Asignación del calendario de apertura.** Una vez que se tiene la matriz, donde se observa la relación entre negocios para poder abrir de manera conjunta o no, se asignan los bloques que se abrirán cada día de la semana, o bien cada periodo determinado  $B_1 B_2 B_3 \dots B_m$  con  $m < n$  con  $n$  igual al número de negocios y  $m$  el número de bloques. Cada bloque contendrá cierta cantidad de negocios que se abrirán. Todo esto va en función de la condiciones de la contingencia, como puede ser la cantidad de personas máximo que pueden acudir al lugar, número de negocios que pueden trabajar; es decir, se deben tomar las consideraciones que las autoridades establezcan durante las contingencias y el tipo de contingencia. Para asignar los bloques durante los periodos contemplados, según sea el caso.

### Resultados y Discusión.

El modelo de planeación de actividades se implementó en un caso teórico de la ciudad de Cuautla Morelos, cuya principal actividad económica es el comercio y la prestación de servicios, dicha actividad se desarrolla de manera importante al norte de la ciudad, específicamente en el centro comercial denominado "Plaza Los Atrios", que aloja a más de 50 locales comerciales y bodegas; dicha plaza brinda servicio a 750 mil habitantes de 16 municipios de la región oriente del estado de Morelos y México (Damián, 2019). Para este caso se consideró un supuesto de 6 negocios (locales comerciales), los cuales se encuentran contiguos y existe un pasillo común entre ellos; esa unión trae consigo una congestión o concurrencia de personas que acuden a los distintos lugares. Por tal motivo se necesita una planeación de actividades de los negocios durante los siete días de la semana, suponiendo que se ha presentado una contingencia que impide que los comercios realicen sus actividades de manera normal.

Todos los negocios tienen diversos giros. Se asignó una nomenclatura a cada negocio de la siguiente manera: N1, N2, N3, N4, N5 y N6; se les asignó valores del 1 al 100 % en función del número promedio de personas que asisten al lugar diariamente de forma aleatoria, a fin de realizar la distribución de manera equitativa. Quedando de la siguiente forma **N1: 96 N2: 13 N3: 17 N4: 99 N5: 97 N6: 39**. Se consideraron ciertos horarios hipotéticamente de atención para cada comercio, como se muestran en la tabla 2.



Tabla 2 horarios de apertura y cierre de negocios.

<b>N1</b> 07:00 – 22:00 horas	<b>N4</b> 12:00 – 23:00 horas
<b>N2</b> 10:00 – 18:00 horas	<b>N5</b> 08:00 – 21:00 horas
<b>N3</b> 12:00 – 20:00 horas	<b>N6</b> 11:00 – 19:00 horas

Lo anterior permitió establecer la relación entre negocios que sí se pueden abrir a la vez (figura 5); por ejemplo el negocio N5 se puede abrir con el negocio N3, ya que la afluencia del primero es alta y la del segundo es mucho menor.

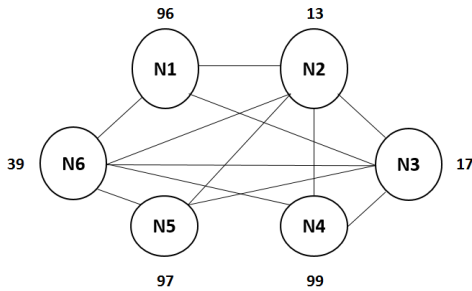


Figura 5.- Grafo resultante de la relación entre negocios.

Tabla 3.- Matriz de adyacencia entre nodos a partir de la Red.

Nodos	N1	N2	N3	N4	N5	N6
N1	0	1	1	0	0	1
N2	1	0	1	1	1	1
N3	1	1	0	1	1	1
N4	0	1	1	0	0	1
N5	0	1	1	0	0	1
N6	1	1	1	1	1	0

A partir de la red figura 5 se construyó la matriz que contiene los valores de cero y uno. El valor de cero indica la no apertura, ya que son lugares con alta afluencia de personas, y el uno describe que sí se pueden abrir los negocios simultáneamente; sin tomar en cuenta los datos de la diagonal. A partir de esta matriz, se tiene una visión más clara para hacer un análisis y construir una planeación de manera minuciosa, de acuerdo a las circunstancias que se presenten en una contingencia. Para este caso mostrado, sólo se permitirán abrir dos negocios por día; ya que es importante que no exista demasiada aglomeración en el lugar. Aunado a ello se pueden hacer ciertos tipos de consideraciones para que todos los negocios puedan abrir los fines de semana, debido a que son los días donde generalmente existe mayor afluencia de personas.

Para realizar el calendario de asignación, se utilizó la generación de valores aleatorios, cuya distribución se muestra en la tabla 4 y 5.

Tabla 4. Semana 1.

Día de la semana	Bloques	Día de la semana	Bloques
Lunes	N5, N2	Viernes	N1, N6
Martes	N1, N6		
Miércoles	N4, N3	Sábado	N4, N3
Jueves	N5, N2	Domingo	N5, N2

Tabla 5. Semana 2.

Día de la semana	Bloques	Día de la semana	Bloques
Lunes	N1, N6	Viernes	N4, N3
Martes	N4, N3		
Miércoles	N5, N2	Sábado	N5, N2
Jueves	N1, N6	Domingo	N1, N6

Se puede observar que la asistencia de personas al lugar disminuirá significativamente. Lo importante es que no se verá afectada la seguridad y economía tanto de los negocios comerciales como de los clientes; ya que los clientes cubrirán sus necesidades y los negocios seguirán teniendo ingreso de acuerdo a las medidas de seguridad establecidas.

### **Conclusiones.**

Este trabajo de investigación concluye que las actividades comerciales pueden continuar con sus trabajos durante las contingencias, sin afectar la economía de los negocios, distribuidores y proveedores; asimismo, los clientes tendrán acceso a productos y servicios sin algún déficit o costo excesivo durante dicha eventualidad que se presente, siempre y cuando se cumplan con los factores que intervienen y afectan la planeación para la apertura de negocios en tiempos de contingencia. El análisis permite hacer referencia a cierto número de negocios que puedan estar contiguos con una afluencia de personas que acuden al lugar de forma aleatoria y que permita mostrar de manera detallada la relación entre cada negocio, considerando factores que se mencionaron anteriormente en la metodología.

### **Agradecimientos.**

Agradecimiento a las autoridades académicas y administrativas del Instituto Tecnológico de Cuautla y Milpa Alta por todo su apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

### **Referencias**

1. A. M. VIEITES RODRÍGUEZ, M. L. (2014). TEORÍA DE GRAFOS. EJERCICIOS Y PROBLEMAS RESUELTOS. EDICIONES PARANINFO, S.A.
2. BUFFA, E. S. (1983). CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN E INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES: FORMULACIÓN DE MODELOS Y MÉTODOS DE SOLUCIÓN. LIMUSA.
3. BUSTAMENTE, J. D. (2017). PROPUESTA DE UN PLAN DE CONTINUIDAD DE NEGOCIO PARA UNA INSTITUCIÓN FINANCIERA DEL SECTOR PRIVADO BANCARIO DELECUADOR. FACULTAD DE POSGRADOS.
4. DAMIÁN, C. (2019). PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2019-2021. CUAUTLA MOR.: GOBIERNO MUNICIPAL 2019-2021.
5. F. YÉPEZ MOYA, A. H. (1996). SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE DAÑO SÍSMICO EN ZONAS URBANAS. REVISTA INTERNACIONAL DE MÉTODOS NUMÉRICOS PARA CÁLCULO Y DISEÑO INGENIERÍA, 331-358.
6. G. EPPEN, F. G. (2000). INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA. PEARSON.
7. GONZALO, C. R. (2017). PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE LA EMPRESA RAMON & ROMERO COMPUTADORAS Y SUMINISTROS DE LA CIUDAD DE QUEVEDO. UNIVERSIDAD REGIONAL AUTONOMA DE LOS ANDES.
8. M. Á., P. E. (2017). PLAN DE CONTINGENCIA ANTE UN BROTE DE LA RAZA 4 TROPICAL DE FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. CUBENSE. ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA - OIRSA.
9. N. MCGINN, E. R. (2014). EL SISTEMA EDUCATIVO MEXICANO (UN MODELO DE SIMULACIÓN DE ESCENARIOS). REVISTA LATINOAMERICANA DE ESTUDIOS EDUCATIVOS (MÉXICO), 143-144.

10. NESETRIL, M. Y. (2008). INVITACIÓN A LA MATEMÁTICA DISCRETA. REVERTÉ.
11. TAHA, H. A. (2004). INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES. PEARSON EDUCACIÓN.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## CÓDIGOS DE ÉTICA Y CONDUCTA GENERADORES DE CONFIANZA EN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA MUNICIPAL

**T. Reyes-Zepeda<sup>1</sup> y M. L. Acosta-Miranda<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Coordinación de Posgrado del TecNM / Instituto Tecnológico de Cuautla  
[m18680007@cuautla.tecnm.mx](mailto:m18680007@cuautla.tecnm.mx), [monica.acosta@cuautla.tecnm.mx](mailto:monica.acosta@cuautla.tecnm.mx), Libramiento Cuautla-Oaxaca S/N,  
Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos, México.

*Área de participación: Innovación Estratégica de las organizaciones.*

**Resumen:** En el Estado de Morelos encontramos Municipios con características diferentes en cuanto a tamaño, actividades económicas, tradiciones, recursos naturales, etc., pero algo común, de acuerdo con la información pública, es la falta de herramientas o instrumentos de control interno que son de gran ayuda en la realización de las actividades cotidianas de la Administración Pública Municipal. Es tal la importancia del control interno en los municipios, que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 115, faculta a las legislaturas de los estados para generar la normatividad, apegada a derecho, en materia municipal: reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general, que regulen los procedimientos, funciones y servicios públicos que integran la administración pública municipal. El objetivo de este trabajo es generar una Guía, que permita a las autoridades responsables, conocer los procesos, la normatividad relacionada con el control interno y los beneficios de convertirse en una administración conocedora de sus compromisos con resultados en beneficio de la ciudadanía. La metodología consistió en una revisión exhaustiva de las Leyes, Reglamentos y Lineamientos relacionados con el tema para posteriormente realizar entrevistas con el personal del Ayuntamiento en cuestión, con la finalidad de elaborar un Código de Ética y Conducta congruente con la cultura organizacional del municipio para posteriormente darlo a conocer a todo el personal. Esta herramienta proporciona múltiples beneficios al promover un ambiente de respeto basado en la integridad que genera, al interior, una atmósfera más pacífica donde trabajar y al exterior la confianza de la sociedad.

### **Introducción.**

Actualmente en México enfrentamos muchos cambios de tipo legal, fiscal, ambiental, administrativo, en prácticas empresariales, educación, etc., todo esto derivado de los acuerdos internacionales en los que participa nuestro país y de los compromisos adquiridos en la agenda 2030, que contiene los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible junto con sus 169 metas que nos muestran la plataforma para hacer frente a tres elementos interconectados: crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental, temas que son retomados en los municipios en el desarrollo de sus objetivos e interacción con la población.

Por tal motivo, México ha realizado una serie de reformas a nuestra Carta Magna, permitiendo con esto modificar las leyes vigentes y crear otras con la intención de poder legislar en temas propuestos por los organismos internacionales, desde la Ley General de Contabilidad Gubernamental, el Código Penal Federal, Ley Federal del Trabajo, Ley General de responsabilidades Administrativas, Ley Federal de Prevención de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita, Ley General del Sistema Nacional Anticorrupción, Ley Nacional de Extinción de Dominio, Ley para Regular las Instituciones de Tecnología Financiera, entre otras.

En este trabajo de investigación se toma al Estado de Morelos como referencia para realizar las pruebas de los cambios que se están implementando en las administraciones municipales analizando aspectos como: Los cambios legales y normativos que regulan la administración pública municipal, tanto nacionales como internacionales; la generación e implementación de los instrumentos de control interno que faciliten la administración y, finalmente, las personas que intervienen para que esto funcione generando los resultados esperados.

Por tal motivo, se pretende desarrollar una herramienta en la que puedan apoyarse las administraciones municipales al inicio de su gestión y como material de consulta durante el periodo de su mandato, con la intención de eficientar la gestión pública municipal.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

En el desarrollo de sus actividades, el municipio genera una serie de intercambios de bienes, servicios, información, etc., por medio de diferentes personas que son sus representantes: los integrantes del Ayuntamiento: presidente, síndico y regidores; más el personal que labora en los municipios como: tesorero, directores de área, coordinadores, auxiliares, asesores, asistentes, etc., quienes tratan cotidianamente con personas externas como proveedores de bienes y servicios, autoridades fiscalizadoras, usuarios y público en general.

De acuerdo con información publicada en la página oficial de la Consejería Jurídica del Estado de Morelos, es muy bajo el índice de cumplimiento en materia de control interno. Respecto a la obligación de publicar los instrumentos de control interno en el Periódico Oficial "Tierra y Libertad", ningún ayuntamiento cumple al 100 % con la publicación de todos los instrumentos, pero, en lo que respecta a los Códigos de Ética, solo 9 municipios, que representan un 25% del total de municipios en el Estado de Morelos, cuentan con este documento. Por lo que respecta al Código de Conducta, solo 4 municipios (un 11% del total) lo tienen publicado. La información de los municipios del Estado de Morelos se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.- Documentos de Control Interno de los Municipios del Estado de Morelos.**

Elaboración propia con datos tomados de <http://marcojuridico.morelos.gob.mx/>

MUNICIPIOS REVISADOS	36		FECHA DE PUBLICACIÓN, MÁS RECIENTE	FECHA DE PUBLICACIÓN, MÁS ANTIGUA
	MUNICIPIOS QUE CUMPLIERON	%		
Código de Ética	9	25	27/11/2019	20/12/2017
Código de Conducta	4	11	11/09/2019	20/12/2017
Manual de Control Interno	0	0		
Manual de Administración de Riesgos	0	0		
Manual General de Organización Bando de Policía y Gobierno	33	91	05/12/2019	06/12/1995
Políticas y Procedimientos Administrativos de Observancia General	0	0		
Reglamento de Transparencia y Acceso a la Información	18	50	18/12/2019	12/01/2005
Manual de Fiscalización	0	0		
Manual de Rendición de Cuentas	0	0		
Manual de Armonización Contable	0	0		

Manual de Administración de Recursos Humanos	0	0		
Procedimiento de Evaluación al Desempeño	0	0		
Indicadores en el Plan de Desarrollo Municipal	27	75	12/02/2020	27/04/2016
Reglamento de integración y funcionamiento del Comité de Ética	1	2	11/03/2020	
Reglamento de integración y funcionamiento del Comité de Control Interno	0	0		
Reglamento de Integración y funcionamiento del Comité de Administración de Riesgos	0	0		
Reglamento de integración y funcionamiento del Comité de Adquisiciones	0	0		
Reglamento de integración y funcionamiento del Comité de Obra Pública	3	8	14/08/2019	28/11/2001
Reglamento de Control Interno	0	0		
Reglamento Interior	23	63	14/08/2019	02/01/2002
Reglamento de Mejora Regulatoria	27	75	18/03/2020	22/10/2014
Reglamento en materia de Adquisiciones	7	19	27/06/2018	27/06/2001
Reglamento en materia de Obra Pública	17	47	09/10/2013	28/03/2001
Reglamento de Gobierno Interno y para la Administración Pública	13	36	11/03/2020	09/05/2007
Reglamento de Fiscalización	1	2	11/09/2019	
Reglamento de Rendición de Cuentas	0	0		
Reglamento de Armonización Contable	0	0		

Los Códigos de Ética y Conducta forman parte de las herramientas del control interno municipal ya que rigen el comportamiento de los servidores públicos que integran un municipio en el desempeño de sus funciones y se componen de una serie de valores, principios, reglas de conducta e integridad, así como prohibiciones que fomentan el respeto a las leyes, al conducir su actuación en un sentido recto, reconociendo los principios constitucionales e institucionales necesarios para realizar sus funciones de manera correcta y con vocación de servicio.

También establecen la actuación ética, integra y previenen conflictos de intereses en el desempeño de la gestión pública, mediante la inclusión de los principios constitucionales como parte fundamental del desempeño de las funciones de los servidores públicos, así como, los principios del Buen Gobierno, principios institucionales y reglas de integridad que establecen un marco normativo a seguir para eficientar el cumplimiento de los compromisos de la Administración Pública Municipal con la población. Dentro de su marco normativo, el Código de Ética contempla incentivos para premiar la observancia de este y sanciones en caso de no cumplir con su contenido. Del mismo modo reconoce las figuras del Órgano Interno de Control y del Comité, así como, el reglamento.

Por otra parte, el Código de Conducta establece la forma cómo las personas servidoras públicas aplicaran los principios, valores y reglas de integridad contenidas en el Código de Ética, dentro de un marco de legalidad, eficiencia, transparencia y rendición de cuentas conforme a lo establecido en las normas legales y administrativas en cada uno de los niveles de gobierno.

Ahora bien, el 23 de marzo de 2013 fueron publicados los Lineamientos Generales de Control Interno de la Administración Pública del Estado de Morelos (Gobierno del Estado Libre y Soberano de Morelos, 2013), mismos que pueden servir de guía para la implementación del control interno en los diferentes entes de gobierno del estado y municipios, ya que el sistema de control interno municipal se estructura con base en



dichos lineamientos. Para la implementación y actualización del control interno municipal y sus organismos paramunicipales y entidades de la administración municipal se observan los siguientes elementos del sistema de control interno: ambiente de control, administración de riesgos, actividades de control, información y comunicación, supervisión y mejora continua.

Como puede observarse la tendencia es fomentar la prevención y esto se puede lograr estableciendo el control interno adecuado a los entes gubernamentales, complementando su adecuación por medio del monitoreo y las recomendaciones que surgen en la aplicación del sistema de control interno al realizar las actividades marcadas en los elementos que lo integran. Al ser considerados estos documentos dinámicos requieren revisión y actualización constante, de lo contrario van perdiendo utilidad. Los organismos oficiales en la materia los definen como:

**Código de Ética:** Documento compuesto por una serie de valores, principios, reglas generales de conducta y prohibiciones éticas para lograr un cambio en la actitud de los servidores públicos en el desempeño de sus funciones, a fin de que se traduzca en una mayor disposición y vocación de servicio, exhortándolos a respetar las normas legales, así como conducir su actuación en un sentido recto, reconociendo los principios constitucionales, institucionales, valores y las reglas de integridad. Lo cual inducirá a los servidores públicos a ser conscientes de la responsabilidad de la gestión de los recursos, instrumentos y la formación institucional para servir a la sociedad. (SNA, 2018)

**Código de Conducta:** Documento que contiene la forma en que deberán aplicar los valores, principios y reglas de integridad contenidos en el Código de Ética los servidores públicos en el desempeño de sus funciones o comisiones, para el correcto, honorable e íntegro desempeño de sus cargos. (SFP, 2020). Lo cual inducirá a los servidores públicos a actuar de conformidad con un espíritu de servicio y bajo principios constitucionales e institucionales.

### **Características de los Código de Ética y Conducta.**

Del análisis efectuado al marco legal destacan las siguientes características:

- Los Códigos de Ética y Conducta son de tipo normativo, obligatorio y ético para los servidores públicos.
- Comprende un marco de reglas para controlar la conducta de los servidores públicos.
- Determina el impacto de las actividades y acciones de la Gestión Pública Municipal en la sociedad.
- Permite fortalecer una gestión pública ética, responsable y cónsona con los valores y principios del Municipio.
- Su incumplimiento conduce a sanciones conforme a los estatutos normativos y legales aplicables.
- Hacer del conocimiento a los servidores públicos respecto a la importancia del Código de Ética a través de los distintos medios autorizados, los exhortará a dar cumplimiento a lo establecido.
- Estimular la responsabilidad social que tiene la Administración Pública Municipal con la sociedad. (SNA, 2018)

La importancia de contar con estos documentos como parte del sistema de control interno radica en que regulan la parte fundamental que son los recursos humanos, fomentando el desempeño ético, responsable, comprometido y respetuoso de las leyes. Todo esto indispensable para lograr la eficiencia administrativa municipal.

Una vez detectada la necesidad de contar con dichas herramientas normativas, es posible visualizar las repercusiones que tiene en las administraciones la falta de estos códigos, como podría ser: la deficiencia en el servicio a la población, el desconocimiento de procedimientos, las fallas en la administración, la tardanza en la respuesta a las necesidades de servicios públicos a la ciudadanía, las sanciones a servidores públicos, deficiencia en los recursos necesarios para cubrir las obligaciones de los municipios, demandas de trabajadores que generan cuantiosos pagos por laudos, municipios endeudados, dependencia económica de las participaciones, por mencionar algunos.

De lo anterior se deriva la importancia de contar con los Códigos de Ética y Conducta en una administración municipal, así como el proceso de generación, actualización, aprobación, publicación, difusión, implementación, monitoreo y sanción de estos.

### **Metodología.**

Para el desarrollo de este material fue necesario:

- Conocer el estado en que se encuentran los municipios respecto al cumplimiento, instrumentación y aplicación de las diferentes herramientas de control interno propias de su actividad.
- Estudiar, analizar y aplicar el marco normativo que rige el control interno en el municipio.
- Observar, investigar y conocer la cultura organizacional en el municipio objeto de estudio, para lo cual se realizó la aplicación de cuestionarios al personal.

De la información obtenida en el municipio, más la investigación documental realizada respecto al contenido y la estructura de estos códigos, se procedió a su elaboración. Una vez estructurados se realizó una reunión de trabajo con los funcionarios para su revisión, destacando la participación del departamento Jurídico, Contraloría y el titular de Transparencia, con propuestas de modificaciones a la propuesta. Se sometió a una nueva revisión con los funcionarios y autoridades interesadas para la aprobación del contenido por parte del Ayuntamiento mediante reunión de cabildo. Posteriormente se continuó con el procedimiento de revisión por parte de la Comisión de Mejora Regulatoria del Congreso del Estado, para la publicación en el Periódico Oficial del Estado de Morelos "Tierra y libertad" y la constitución del Comité de Ética y Conducta Municipal.

La siguiente etapa del proceso es la difusión, capacitación e implementación de las partes involucradas, como son: el personal, los mandos medios, la administración, el Órgano Interno de Control y el comité. Si las administraciones municipales se ocupan de realizar este proceso, podría ser el detonante en la mejora de los resultados administrativos de acuerdo con el plan municipal.

Al generar la propuesta se observó la necesidad de elaborar el reglamento correspondiente y con ello destacar la intervención del Órgano Interno de Control, ya que los códigos por sí solos no representan utilidad, puesto que, para que funcionen se requiere la participación del Órgano Interno de Control, que vigilará la aplicación correcta

del Código de Ética y del Comité de Ética y Conducta, que se encargará del análisis de los casos y la determinación de medidas de prevención o en su caso, la sanción correspondiente y, la función del reglamento es regular el actuar de las partes.

## Resultados y Discusión.

El Municipio constituye una persona jurídica de Derecho Público tal como lo establece el Artículo 115 Constitucional. En este sentido debe regular la formación, facultades, obligaciones y organización administrativa. Dichas disposiciones se establecen en las Leyes Orgánicas Municipales o en la Administración Municipal que cada legislatura deberá emitir de acuerdo con lo dispuesto por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y por la Constitución del Estado, emitida por el Congreso Estatal de acuerdo con la modalidad adoptada sobre la materia. Asimismo, la facultad reglamentaria se entiende como la posibilidad que tienen los Ayuntamientos de traducir las leyes federales y estatales en medidas administrativas adecuadas al municipio (INAFED, 2020).

En este sentido los Ayuntamientos tendrán la facultad de crear las normas jurídicas necesarias, realizar adiciones o modificaciones convenientes, que sean efectivas en su aplicación, bienestar social y el Estado de Derecho. Sin embargo, la aplicación adecuada de esta facultad es de suma importancia, dando cumplimiento a los principios constitucionales.

Del análisis anterior se concluye que los municipios están facultados para elaborar su normatividad entre ellos los códigos de ética y conducta, respetando la jerarquía de leyes como se muestra en la figura 1.



**Figura 1 Bases jurídicas de en la Reglamentación Municipal.**  
Elaboración propia con datos tomados de <https://www.gob.mx/>

Con base en la información obtenida se realizó la propuesta de una **Guía de Control Interno en la Administración Pública Municipal del Estado de Morelos**, para el municipio que aborda los siguientes puntos con la intención de apoyar el desarrollo de sus actividades cotidianas, al mismo tiempo que atiende la normatividad vigente:

## Guía de Control Interno en la Administración Pública Municipal del Estado de Morelos.

- Introducción.
- I. Objetivo.
- II. Alcance.
- III. Definiciones.
- IV. Lineamientos.
- V. Control Interno Municipal.
- VI. Normas de Control Interno.
- VII. Herramientas de Control Interno Municipal.
- VIII. Sistema de Control Interno.
- IX. Importancia y ventajas de establecer un Control Interno.

### Conclusiones.

Los Códigos de Ética y Conducta son documentos indispensables en todos los entes gubernamentales. En estos tiempos difíciles donde impera la desconfianza, la vulnerabilidad de las organizaciones y el descontento de los gobernados se busca encontrar solución a esta problemática. Por esta razón, las organizaciones internacionales emiten recomendaciones y, de alguna forma, proporcionan soluciones y vigilan que los países acaten los acuerdos internacionales emitiendo las leyes necesarias para disminuir la inseguridad y los altos índices de corrupción.

México debe dar cumplimiento a estos compromisos realizando las adecuaciones necesarias en materia legislativa, con la emisión de nuevas leyes o modificaciones a las existentes. Los estados, de igual manera, generan sus adecuaciones a las leyes y emiten las que se requieran. Sin embargo, ¿qué están haciendo las administraciones municipales?, es importante que trabajen en su control interno y que se involucren en estos cambios.

El trabajo es de todos, si todos hacemos lo que nos corresponde pronto empezará a notarse el cambio, si el trabajo se hace de manera parcial nunca se obtendrán los resultados esperados. El reto es que las administraciones municipales se comprometan y estructuren su sistema de control interno, que se opere respetando la normatividad y que se realice un monitoreo continuo, actualizando y adecuando los controles cuando sea necesario.

Los Códigos de Ética y de Conducta por su contenido, regulan el actuar de los servidores públicos, lo que es indispensable para generar confianza en las autoridades. El trabajo basado en el respeto de las leyes, normas y estatutos complementado con valores, principios y reglas de integridad es sinónimo de confianza.

Si los municipios como el nivel de gobierno más cercano a la población trabajaran aplicando y respetando estos valores y principios por consecuencia gestaran un cambio en el comportamiento, no solo en las instituciones municipales si no en la ciudadanía en general.

La diferencia la hacemos todos una parte no es suficiente, la población y gobierno necesitan ser generadores de confianza, utilicemos las herramientas que tenemos.

## Agradecimientos.

Al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Cuautla / Instituto Tecnológico de Zacatepec por brindarnos la oportunidad de difundir los trabajos realizados.

## Referencias

1. Asociación de Academias de la Lengua Española. (2020). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/confianza?m=form>
2. Gobierno del Estado Libre y Soberano de Morelos. (20 de Marzo de 2013). Acuerdo por el que se Establecen los Lineamientos Generales de Control Interno de la Administración Pública del Estado de Morelos. Morelos, México: 5076 "Tierra y Libertad". Obtenido de Marco jurídico Morelos: [http://www.marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/acuerdos\\_estatales/pdf/Acu-ControlAdmonPub-5076.pdf](http://www.marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/acuerdos_estatales/pdf/Acu-ControlAdmonPub-5076.pdf)
3. H. Congreso de la Unión. (11 de Marzo de 2021). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos Última Reforma. Mexico, CD Mexico, Mexico: DOF.
4. INAFED. (2020). *Guía para el Buen Gobierno Municipal*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/381097/Tomo\\_2\\_Guia\\_para\\_el\\_Buen\\_Gobierno\\_Municipal.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/381097/Tomo_2_Guia_para_el_Buen_Gobierno_Municipal.pdf)
5. SFP. (28 de Diciembre de 2020). Secretaría de la Función Pública. *Acuerdo por el que se emiten los Lineamientos Generales para la integración y funcionamiento de los Comités de Ética*. México, Ciudad de México, México: DOF.
6. SNA. (12 de Octubre de 2018). Comité Coordinador del Sistema Nacional Anticorrupción. *Acuerdo por el que se dan a conocer los Lineamientos para la emisión del Código de Ética*. México, CD de México, México: DOF.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

# PERCEPCIÓN ESTUDIANTIL EN LA CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA SOBRE EL ENFOQUE DE AULA INVERTIDA EN LA ASIGNATURA DE ADMINISTRACIÓN Y LEGISLACIÓN DE EMPRESAS

B. R. Zamudio-Rodríguez<sup>1</sup>, C. Martínez-Rudecino<sup>1</sup>, N.D.Ricaño-Azamar<sup>1</sup>, K. A. Jiménez Martínez<sup>2</sup>,  
A. I. Hernández Jacobo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Coatzacoalcos, Veracruz. México [bzamudior@itesco.edu.mx](mailto:bzamudior@itesco.edu.mx), [ibqa20cmartinezr@itesco.edu.mx](mailto:ibqa20cmartinezr@itesco.edu.mx), [ibqa20.nricanoa@itesco.edu.mx](mailto:ibqa20.nricanoa@itesco.edu.mx) <sup>2</sup> Ingeniería en sistemas computacionales del Tecnológico Nacional de México campus Coatzacoalcos [kjimenezm@itesco.edu.mx](mailto:kjimenezm@itesco.edu.mx), <sup>3</sup> Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México campus Coatzacoalcos, Veracruz. México. [ahernandezj@itesco.edu.mx](mailto:ahernandezj@itesco.edu.mx)

**Área de participación:** Innovación estratégica de las organizaciones

**Resumen:** El objetivo del presente trabajo académico es conocer la percepción que tienen los alumnos del segundo semestre de la carrera de ingeniería bioquímica sobre el enfoque de aula invertida con la finalidad implementar esta estrategia en la clases virtuales de la asignatura administración y legislación de empresas; al ser un enfoque innovador, se hace necesario conocer la percepción de los estudiantes para poner en práctica esta estrategia que tiene como fundamento el brindar antes de la clase, sea presencial o de manera virtual, el material de estudio que puede consistir en videos, libros o revistas electrónicas, etc., para que en sus hogares o en donde lo consideren propicio, los alumnos puedan hacer la visualización o lectura del mismo. En las sesiones presenciales o virtuales, el docente aclara dudas, profundiza en temáticas específicas, mientras que los alumnos generan una nueva sinergia al compartir lo aprendido (Gaviria, *et al.* 2019). Desde el enfoque de aula invertida se pretende que el alumno construya su propio conocimiento, aprenda conforme sus tiempos y procesos además de ser co-responsable de su propio aprendizaje, bajo esta óptica el docente es concebido como un facilitador del aprendizaje de sus alumnos.

## Introducción.

Ante los nuevos escenarios a raíz de las cuestiones sanitarias que a principios del año 2020 se vivieron, las instituciones educativas de todos los niveles tuvieron que migrar de un contexto presencial a un contexto virtual, por lo anterior, los docentes tuvieron entre otras cuestiones, que adquirir nuevas habilidades e involucrarse en la utilización de herramientas tecnológicas para innovar en su práctica docente y poder explicar los contenidos de los planes de estudios según el grado académico correspondiente, lo anterior con la finalidad de lograr que los alumnos adquirieran conocimientos que le fueran significativos, considerando además que cada estudiante es un ser único e individual, por lo que aprende de manera distinta y a su ritmo.

Un enfoque innovador en la manera de impartir las sesiones sean virtuales o de manera presencial, es lo que se conoce como aula invertida, este nuevo enfoque parte de que, lo que anteriormente se enseñaba dentro de un aula escolar, ahora se realiza fuera de ella, por lo anterior se debe realizar un rediseño de las actividades de enseñanza y de aprendizaje. (Basso, *et al.* 2018)

Para implementar este enfoque pedagógico, los docentes y alumnos deben de conocer las tic's y saber utilizarlas, ya que la responsabilidad del aprendizaje dependerá del alumno mismo, mientras que el docente tendrá entre otros objetivos el de guiar al estudiante sobre los temas que debe comprender fuera del aula.



Otro aspecto fundamental para implementar el aula invertida tiene relación con la gamificación, según señala Labrador (como se citó en Zepeda, 2016) esta estrategia didáctica “es apropiada para la nueva generación de estudiantes, porque están acostumbrados a jugar con herramientas tecnológicas y dan respuestas automáticas cuando se enfrentan a una mecánica de juego” (p.316).

La presente investigación es de tipo documental, y recoge la percepción de los alumnos de la carrera de ingeniería bioquímica del segundo semestre sobre esta estrategia didáctica, con la finalidad de considerar la implementación o no de este nuevo estilo de aprendizaje en una materia.

El diseño e implementación del aula invertida, supone un nuevo enfoque innovador en la manera de impartir las clases pero, ¿qué hay de la opinión de los alumnos?, ¿qué piensan los estudiantes de este método de estudio?, ¿creen que funcione? Estas y otras interrogantes pretenden ser respondidas en la presente investigación.

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

El estudio llevado a cabo es de tipo cualitativo y descriptivo, ya que en este tipo de estudios señala, (Hernández, *et al.* 2014) “se busca especificar las propiedades, las características, los perfiles de las personas, grupos, comunicados, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis” (p.92). La población objeto de estudio fueron los 74 alumnos de segundo semestre de la carrera de ingeniería bioquímica del Tecnológico Nacional de México, campus Coatzacoalcos.

El sustento teórico del aula invertida tiene relación con el constructivismo, ya que el alumno puede consultar el material de estudio a través de plataformas digitales, por lo anterior, antes de comenzar la clase, sea presencial o virtual, el alumno ya está interactuando con los contenidos temáticos, siendo responsable de su propio proceso de aprendizaje; en la sesión de retroalimentación el docente realiza actividades de participación; con todo lo anterior se logra que el alumno construya su propio conocimiento (Gaviria, *et al.* 2019). Por su parte el constructivismo social hace referencia al desarrollo de las habilidades y destrezas cognitivas de los alumnos con sus pares y con el docente, con el fin de fortalecer su aprendizaje, por lo que supone sea responsable de su aprendizaje (Rivadeneira, *et al.* 2020.).

El conectivismo, según señala (Zepeda, *et al.* 2018) hace referencia a utilización de herramientas tecnológicas para el diseño e implementación de actividades de enseñanza-aprendizaje, por lo que conlleva una responsabilidad del propio docente y del alumno.

### **Resultados y Discusión.**

Para conocer la percepción de los estudiantes del segundo semestre de la carrera de ingeniería bioquímica, sobre el enfoque de aula invertida se realizó el diseño de un cuestionario de 10 preguntas de opción múltiple, el cual fue validado por dos maestros y el jefe de división de la carrera de ingeniería bioquímica. Las respuestas estuvieron conformadas por una escala tipo Likert de 5 niveles.

La recolección de la información se realizó a través de la herramienta *google forms*.

A continuación se presentan los resultados de la aplicación del cuestionario.

En la tabla 1. Establece el turno en que reciben clases virtuales los alumnos de segundo semestre.

Tabla 1

Turno de las sesiones virtuales de los alumnos de segundo semestre					
Matutino		Vespertino		Nocturno	
Número de alumnos	porcentaje	Número alumnos	porcentaje	Número de alumnos	porcentaje
41	64.10%	23	35.90%	0	0

La tabla número 2. Desglosa los 3 grupos que conforman el segundo semestre de la carrera de Ingeniería Bioquímica.

Tabla 2

Grupos en los que se encuentran matriculados los alumnos de segundo semestre					
"A"		"B"		"C"	
Número de alumnos	porcentaje	Número alumnos	porcentaje	Número de alumnos	porcentaje
21	32.80%	19	29.70%	24	37.50%

La tabla 3. Especifica el género de los alumnos del segundo semestre que respondieron la encuesta de percepción estudiantil.

Tabla 3

Género de los alumnos de segundo semestre			
Femenino		Masculino	
Número de alumnas	porcentaje	Número alumnos	porcentaje
45	70.30%	19	29.70%

La tabla número 4. Describe la edad de los encuestados, que va acorde al semestre escolar que se encuentran cursando, siendo este el segundo semestre.

Tabla 4

Edades de los encuestados							
18 años		19 años		20 años		Más de 21 años	
Núm.	Porcentaje	Núm.	Porcentaje	Núm.	Porcentaje	Núm.	Porcentaje
30	46.90%	24	37.50%	3	4.70%	5	7.80%

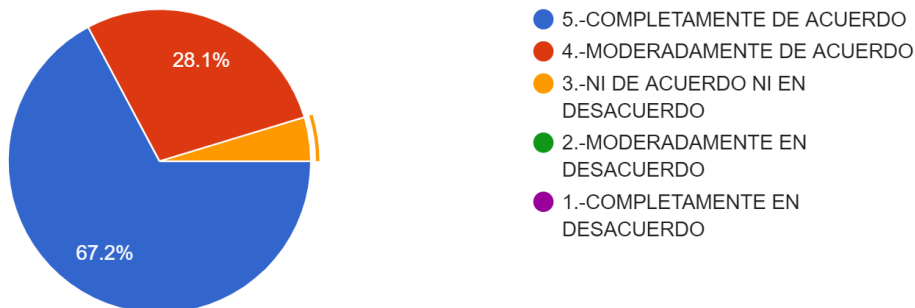


Figura 1. A la pregunta ¿Consideras importante que los docentes utilicen nuevos enfoques para innovar en la impartición de las clases virtuales? se puede observar que existe aceptación por parte del alumnado ante la propuesta, al mostrar un 67.20% estar completamente de acuerdo con el cuestionamiento.

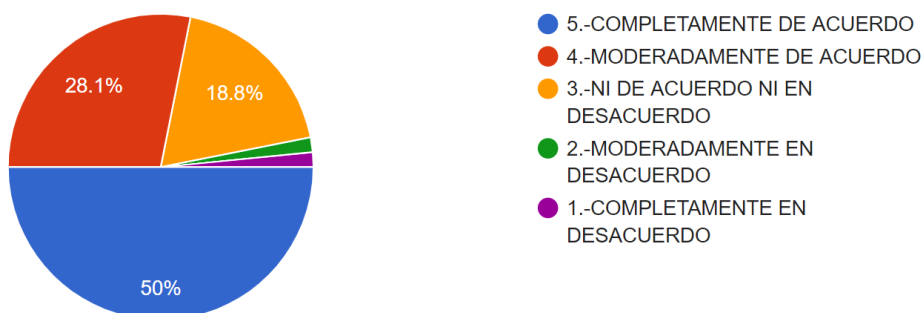


Figura 2. Las respuestas a la pregunta ¿Estarías dispuesto a participar en una nueva forma de impartir clases por parte de los docentes de la carrera? Se muestran en la presente gráfica, en la cual se representa que un 50% de los encuestados se encuentra completamente de acuerdo en participar en la implementación de una nueva forma de impartir clases en la carrera de ingeniería bioquímica.

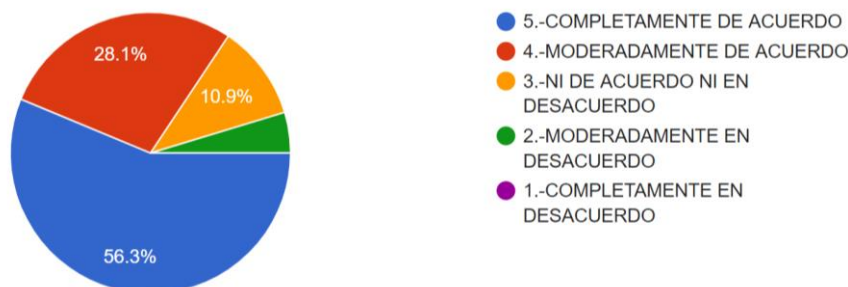


Figura 3. Al cuestionarse a los alumnos ¿Consideras que eres responsable de tu proceso de aprendizaje en las asignaturas de la carrera de Ingeniería Bioquímica? Se muestra que el 56.30% consideró estar completamente de acuerdo con la aseveración.

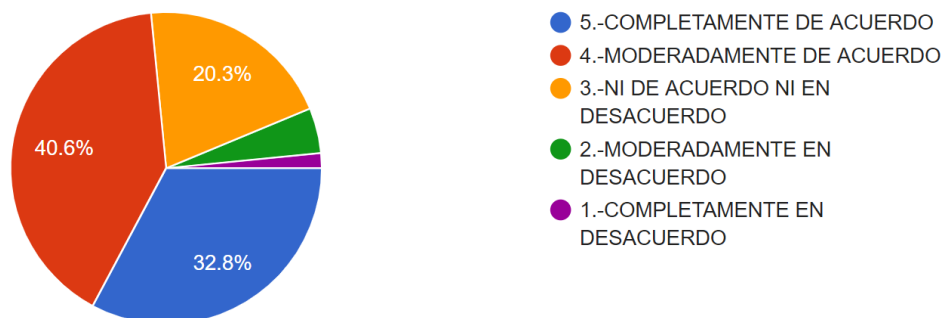


Figura 4 Hace referencia a la pregunta ¿Eres un alumno que te motiva al realizar actividades o tareas utilizando TIC'S? Como se puede observar un 32.80% consideró estar completamente de acuerdo y un 40.60% de los alumnos considero estar moderadamente de acuerdo con la pregunta.

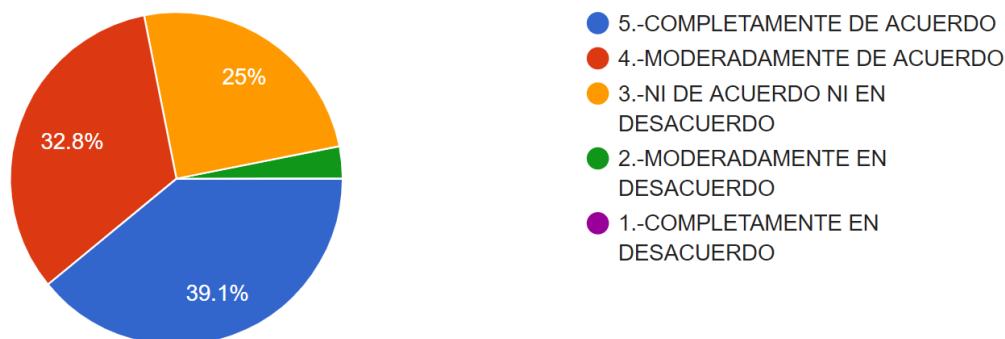


Figura 5 Representa las percepciones de los estudiantes a la pregunta ¿Las actividades que diseñan los docentes cuando se utilizan recursos tecnológicos te son más significativas?, es de observar que el 39.10% mostró estar completamente de acuerdo con la utilización de recursos tecnológicos por parte de los docentes.

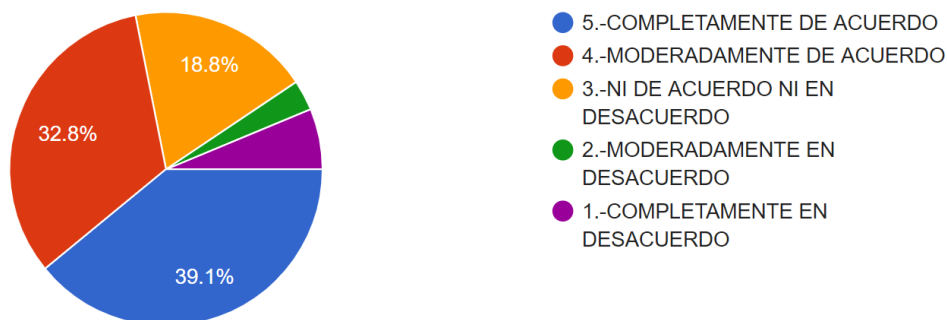


Figura 6 Gráfica de los resultados a la pregunta ¿La creatividad en las actividades que solicitan los docentes es un factor importante para adquirir conocimientos? Los alumnos respondieron en un 39.10% estar completamente de acuerdo con la pregunta.

## Conclusiones.

La aplicación de la encuesta a los alumnos del segundo semestre de la carrera de Ingeniería Bioquímica del Tecnológico Nacional de México, arrojó resultados significativos ya que, 43 alumnos que representan el 67.20% se encuentra completamente de acuerdo en que los docentes utilicen nuevos enfoques pedagógicos para innovar en la impartición de las clases virtuales.

En relación con el involucramiento de los estudiantes para participar en nuevas formas de impartir clases, 32 jóvenes que representan el 50% respondieron estar completamente de acuerdo en participar y 18 alumnos que representan el 28.10% señalan estar moderadamente de acuerdo en participar.

La percepción estudiantil sobre la responsabilidad de su proceso de aprendizaje, igualmente fue positiva, ya que 36 alumnos que representan el 56.30% respondieron estar completamente de acuerdo.

El cuestionario igualmente abarcó aspectos como: la utilización de actividades de aprendizaje utilizando herramientas tecnológicas, la creatividad en el diseño de actividades y tareas.

Con base en los resultados obtenidos, es factible la utilización del enfoque de aula invertida en una materia de la carrera de Ingeniería Bioquímica.

Los resultados del estudio de percepción estudiantil en la carrera de Ingeniería Bioquímica sobre el enfoque de aula invertida en la asignatura de administración y legislación de empresa, pueden originar futuras investigaciones que tengan relación con el diseño e implementación de actividades con este enfoque y, posteriormente evaluar la eficacia y eficiencia en los resultados obtenidos en el aprendizaje y calificaciones de los alumnos al aplicar el aula invertida.

## Agradecimientos.

Al Dr. Bulmaro Salazar Hernández, titular de la Dirección General del ITESCO por su apoyo y confianza en la realización de este proyecto.

Al Mtro. Raymundo Rustrián Fonseca, titular de la Jefatura de División de Ingeniería Bioquímica por su apoyo en las gestiones para la realización del presente proyecto

## Referencias

1. Basso, M., Bravo, M., Castro, A., Moraga, C. (2018). Propuesta de modelo tecnológico para flipped classroom (T-FliC) en educación superior. *Revista Electrónica educare*. Vol.22 (2), p.p. 1-17. Obtenido de <https://cutt.ly/gc3gMrC>
2. Gaviria, D., Arango, J., Valencia, A., Bran, L. (2019). Percepción de la estrategia aula invertida en estudiantes universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Vol. 24 (81), p.p. 593-614. Obtenido de <https://cutt.ly/9cXFIXD>
3. Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

4. Rivadeneira, M., Hernández, B., Mendoza, K. (2020.). Breve aproximación teórica al modelo aula invertida y su posible contribución al desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes universitarios. *Revista redipe*. Vol. 9 (11) , p.p. 63-69. Obtenido de <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1107>
5. Zepeda, G., Díaz, J., Salcedo, M., Tapia, S. (2018). Una aproximación teórica sobre MOOC, aula invertida y B-learnig:similitudes y diferencias. *Revista educateconciencia*. Vo.20 (21), p.p. 155-173. Obtenido de <https://cutt.ly/Tc3L0jc>
6. Zepeda, S., Abascal, R., López, E. (2016). Integración de gamificación y aprendizaje activo en el aula. *Revista Ra-Ximhai*. Vol.12 (6), p.p. 315-325. Obtenido de <https://cutt.ly/Lc3GiEu>

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*



## VERANO 2020 TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC, LA RESILIENCIA EN MEDIO DE LA PANDEMIA POR COVID-19

J. Alfonso Santana C.<sup>1</sup>, Viridiana García N.<sup>2</sup>, J. Miguel Ramírez C.<sup>3</sup>, Enriqueta Mazon G.<sup>3</sup>, Brenda S. López M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[jose.sc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.sc@zacatepec.tecnm.mx), <sup>2</sup>Subdirección Académica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[viridiana.gn@zacatepec.tecnm.mx](mailto:viridiana.gn@zacatepec.tecnm.mx), <sup>3</sup>División de Estudios Profesionales del Instituto Tecnológico de  
Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-  
[jose.rc@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jose.rc@zacatepec.tecnm.mx), [enriqueta.mg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:enriqueta.mg@zacatepec.tecnm.mx) [brenda.lm@zacatepec.tecnm.mx](mailto:brenda.lm@zacatepec.tecnm.mx)

*Área de participación: Innovación Estratégica de las Organizaciones*

**Resumen:** Una estructura o planeación educativa resiliente ante la crisis de una contingencia sanitaria como la propiciada por la **pandemia** por parte del COVID-19, debe tener el propósito de garantizar con seguridad la continuidad de la educación de nivel superior en nuestra institución, la problemática por esta situación propicio la generación de propuestas para llevar a cabo la organización y control de los cursos de verano en modalidad virtual o en línea, bajo diferentes esquemas literalmente nuevos, creativos y adaptables con el uso de las Tecnologías de Comunicación e Información, la **Resiliencia** es el proceso de adaptarse a una nueva realidad o adversidad ligado a un conjunto de pensamientos, conductas y acciones que se adoptaron desde los estudiantes hasta los catedráticos interactuando con medios adicionales como son las aulas virtuales, que es una modalidad educativa que se desarrolla de manera complementaria o independiente a las formas tradicionales de educación. La División de Estudios Profesionales con base al cumplimiento de requisitos solicitados por TecNm para la oferta de **Curso de Verano** en estas condiciones especiales ha propiciado esquemas diferentes con el aval de los estudiantes, con un sistema de prefectura virtual para el logro de la atención de las clases virtuales en tiempo y forma, baja los diferentes ambientes o espacios para establecer comunicación organizada en grupo con la inserción de actividades para evaluación continua y sistemática .

### Introducción.

Calidad, pertinencia y equidad son características con la cual el Instituto Tecnológico de Zacatepec ofrece un servicio de educación superior y por lo tanto direcciona los esfuerzos hacia el desarrollo humano sustentable y el incremento de la competitividad, y toda actividad que vaya orientado a este fin es de suma importancia para el cumplimiento de la Misión y Visión (Tecnológico de Zacatepec, 2021).

El curso de verano es una alternativa que permite al estudiante avanzar o regularizarse en su proceso educativo, este se ofrece de manera presencial y con base al manual de Lineamientos Académico-Administrativos del TecNM, en el capítulo 13: Lineamiento para la operación de Cursos de Verano (Tecnológico Nacional de México, 2015), se llevó a cabo la planeación, organización, desarrollo, coordinación y realización de los cursos de verano 2019 en el Instituto Tecnológico de Zacatepec, considerando los lineamientos adicionales debido a la contingencia Sanitaria provocada por virus SARS-CoV-2 (causante de la enfermedad COVID-19) emitidos en la circular No. M00/40/200 (Tecnológico Nacional de México, 2020) con fecha del 19 de mayo del 2020, en el rubro de Cursos de Verano, para la educación el término Resiliencia implica, lo mismo que en física, una dinámica positiva, una capacidad de volver hacia adelante. Sin embargo,

la resiliencia humana no se limita a resistir, permite la reconstrucción (AYUDA EN ACCIÓN, 2020). La resiliencia en educación está concebida como un resorte moral, y se constituye en una cualidad de una persona que no se desanima, que no se deja abatir, que se supera a pesar de la adversidad (CAE INNOVATIVE LEARNING SOLUTIONS, 2021).

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Con base a las instrucciones emitidas en la circular No. M00/40/2020, con respecto a la impartición de cursos de verano ante la contingencia sanitaria provocada por el virus SARS-CoV-2 (Causante de la enfermedad COVID-19), de donde señala (Tecnológico Nacional de México, 2020):

- Aplicación del lineamiento para la operación de cursos de verano de TecNM.
- Autorización de impartición de cursos en modalidad no escolarizada a distancia.
- La Subdirección debe garantizar y evidenciar que, para apertura de los cursos en esta modalidad, se tiene el material y la capacitación necesaria del docente.
- El titular de la institución deberá proporcionar las evidencias solicitadas en resguardo a través de un enlace digital que permita a la Secretaría Académica, de Investigación e Innovación del TecNM, acceder a las mismas.
  - Actas de las reuniones colegiadas de las academias que proponen el catálogo de asignaturas factibles de impartir este verano.
  - El dictamen de autorización de cursos de verano por el comité académico respectivo.
  - El oficio de autorización del catálogo aprobado de asignaturas del verano 2020.
  - La evidencia de que cada docente de cada curso está capacitado para impartirlo en modalidad no escolarizada a distancia.



Figura 17 Evidencia de Resguardo

En la siguiente tabla se muestran las actividades realizadas de los cursos de verano 2020.

**Tabla 8 Actividades de verano 2020**

Fecha	Actividad
27 de mayo	Publicación de la convocatoria de cursos de verano 2019
Del 27 de mayo al 19 de junio	Captación de solicitudes de curso de verano.
24 de junio	Publicación de cursos aceptados con horario y catedrático propuesto.
Del 25 de junio al 1 de julio	Entrega de lista oficial de verano, para revisión por parte de coordinación.
Del 25 de junio al 3 de julio	Realización de pago de respectivo curso de verano solicitado
Del 1 al 3 de julio	Reinscripción de los estudiantes al curso de verano, a través de las coordinaciones de carrera.
Del 61 al 31 de julio	Periodo de VERANO

La estructuración de la convocatoria presenta las características de los cursos con base al número de horas, para considerar el costo en forma grupal y el costo en forma individual, con la condición de que el cupo máximo es de 25 estudiantes, como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 9 Costos de curso de verano 2020**

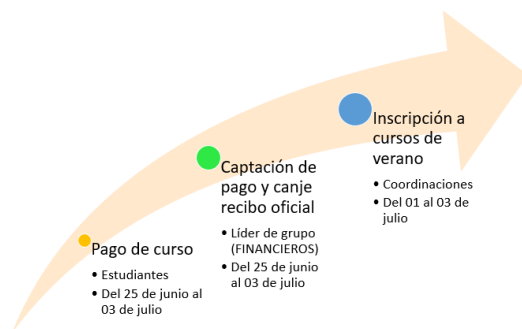
Créditos de la asignatura	Horas en Curso de Verano	Costo del curso	Costo Por estudiantes		Distribución horas día-semana	Duración
			(Ajuste a 25)	En caso de ser menos será proporcional al costo total		
4	60	\$18,000.00	\$720.00		3 horas diarias de lunes a viernes	4 semanas
5	75	\$22,500.00	\$900.00		4 horas diarias de lunes a viernes Semana 1, 2 y 3	4 semanas
					3 horas diarias de lunes a viernes Semana 4	
6	90	\$27,000.00	\$1,080.00		5 horas diarias de lunes a viernes Semana 1 y 2	4 semanas
					4 horas diarias de lunes a viernes semana 3 y 4	

A través de las coordinaciones de carreras se captan las solicitudes de cursos de verano por parte de los estudiantes, donde se realiza el condensado de las asignaturas enviándose a las áreas académicas (Tecnológico Nacional de México, 2015). En reunión de academia se realiza la asignación de catedráticos para los cursos solicitados, aquellos que cumplan los requisitos por parte del lineamiento y se publica el condensado oficial ofertado a los estudiantes para la decisión grupal de llevarlo a cabo o no (Instituto Tecnológico de Zacatepec, 2017).



**Figura 18 Diagrama de flujo apertura de verano**

Se coordina la recepción de listas oficiales, para la validación de la procedencia de reinscripción de verano de los estudiantes.



**Figura 19 Secuencia para pago y reinscripción**

El departamento de servicios escolares, certifica a través de los líderes de grupo el pago correspondiente. De igual manera se llevó a cabo reunión previa informativa respecto a la logística y control en línea de los cursos de verano con los docentes.

Y de acuerdo a la instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales, en la parte de matriz de evaluación, el docente ha plasmado los tipos de evidencias de aprendizaje para el logro de los indicadores de alcance en la evaluación formativa. Se controló los accesos a la institución, bajo las disposiciones emitidas por el consejo de Salubridad General debido a la contingencia sanitaria.

- Firma de contratos y de actas de calificaciones.



**Figura 20 Atención con las medidas sanitarias**

La medida de adaptación nos conlleva a realizar estrategias de vigilancia y monitoreo virtual de que se lleven a cabo en tiempo y forma las clases en esta modalidad, se generó la existencia de una coordinación de prefectura virtual que vigila las actividades académicas y monitoreo en línea durante los cursos de verano, con el apoyo de los coordinadores de carrera y líderes de grupo. Organización, control y capacitación en los esquemas de monitoreo virtual para el cumplimiento de atención de los docentes hacia los estudiantes, donde los prefectos virtuales colocan en un repositorio virtual las evidencias de clase por materia, por día y por sesión. Con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), control de los expedientes que debe presentar cada docente (Instituto Tecnológico de Zacatepec, 2017).

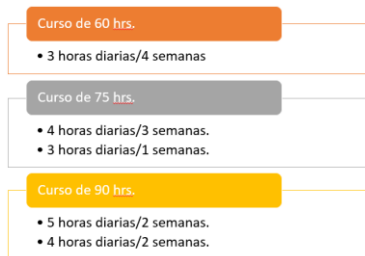
- Instrumentación Didáctica
- Seguimientos.
- Reporte de Calificaciones.
- Reporte de Verano.
- Acta de Calificaciones de Servicios Escolares.

- Evidencias de evaluación.
- Evidencias de atención en línea por parte de los docentes.



**Figura 21 Prefectos Virtuales**

Los planes de actividad docente en cuestión de atención en horas reales de atención en línea se muestran según el número de horas por curso y el número de horas destinadas por día, todo esto con la actitud normal de resistencia y adaptación a esta nueva modalidad y realidad.



**Figura 22 Dosificación de horas por curso**



**Figura 23 Sugerencia de atención por horas**

calendariza para el cierre de verano en la cuestión administrativa, captura de calificaciones, impresión con firma de actas y tener en un 100% las evidencias solicitadas previamente requisitadas para dar los cursos.



**Figura 24 Actividad y fecha para cierre de Verano**

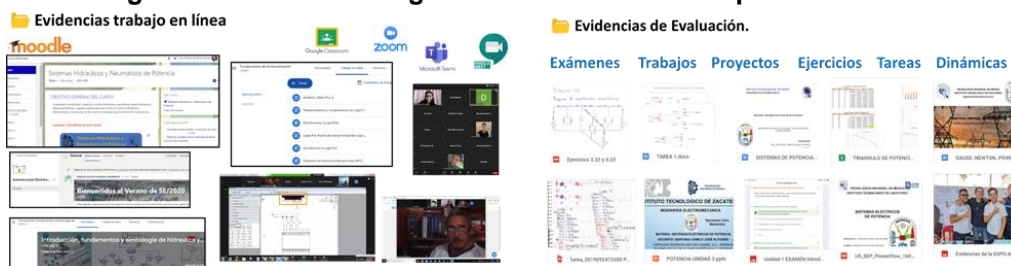
## Resultados y Discusión.

El desarrollo de las actividades en esta modalidad, se monitoreo a través de los prefectos virtuales y en forma general por el coordinador de verano, donde se verifica que cada catedrático debe incluir en sus carpetas ya asignadas por la parte operativa de las TIC's. lo siguiente:

- Una muestra en imágenes (impresiones de pantalla) de su actividad docente del desarrollo del curso que imparte.
- Las evidencias de evaluación que a solicitud de la instrumentación siempre se ha colocado cuando se desarrolla un curso (Muestra de 3 estudiantes).
- Reporte de calificaciones por competencia por seguimiento (1º, 2º y 3º).
- Reporte final de calificaciones por competencias.
- Reporte final de verano.
- Acta de calificaciones de la(s) asignatura(s) de servicios escolares.



**Figura 25 Formato de organización de evidencias por catedrático**



**Figura 26 Muestra de Evidencias de Trabajo y Evaluación**

El desarrollo de los cursos en esta modalidad tuvo una participación de 1900 estudiantes de todas las carreras, con el apoyo de todos los departamentos en un volumen de 100 grupos como se muestra a continuación:

**Tabla 10 Número de grupos y estudiante en verano 2020**

Carrera	Grupos	GRUPOS			GRUPOS				
		60 hrs	75 hrs	90 hrs	Departamento	60 hrs	75 hrs	90 hrs	
IADM	6	2	1	0	3	C. de la Tierra	6	8	3
IBIO	15	2	8	1	11	Metal Mecánica	7	4	1
ICIV	33	7	17	3	27	Industrial	12	4	0
IELE	19	8	5	1	14	C. Básicas	5	24	1
IGE	8	1	5	1	7	Sist. y Comp.	6	0	1
IIND	26	16	5	0	21	Quím-Bioq	2	8	1
IQUI	8	0	5	0	5	Econ-Advtv.	6	1	0
ISC	15	8	3	1	12				
LTUR	1	0	0	0	0				
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>44</b>	<b>49</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>49</b>	<b>7</b>

El número de catedráticos que participaron en los cursos con las condiciones que se solicitaron de dominio de alguna plataforma de trabajar en línea.

- 50 catedráticos internos,
- 23 catedráticos contratados externos.





Figura 27 Docentes internos y externos de verano

Los indicadores de participación fueron realmente satisfactorios:

Tabla 11 Estudiantes por semestre, sexo y carrera

Semestre	Carrera																								Total Inscritos					
	IADM			IBIO			ICIV			IELE			IGE			IIND			IQUI			ISC				LTUR				
	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total
1	0	0	0	2	0	2	3	4	7	0	0	0	3	4	7	0	2	2	9	4	13	1	3	4	0	0	0	35		
2	1	0	1	15	12	27	15	39	54	4	37	41	8	6	14	11	16	27	13	6	19	9	11	20	0	0	0	203		
3	5	3	8	15	2	17	9	19	28	4	2	6	4	3	7	7	17	24	6	2	8	4	1	5	0	0	0	103		
4	9	2	11	23	20	43	13	38	51	6	49	55	13	7	20	33	52	85	21	3	24	13	44	57	0	0	0	346		
5	7	4	11	9	3	12	8	20	28	0	9	9	4	3	7	22	22	44	11	6	17	5	8	13	1	0	1	142		
6	17	15	32	34	14	48	22	60	82	10	52	62	22	9	31	30	43	73	12	4	16	19	50	69	0	0	0	413		
7	2	4	6	3	3	6	2	30	32	0	8	8	11	5	16	19	25	44	0	3	3	4	7	11	1	0	1	127		
8	5	2	7	30	6	36	17	54	71	4	42	46	18	6	24	13	44	57	8	7	15	16	56	72	1	0	1	329		
9	0	1	1	2	2	4	4	18	22	2	7	9	2	2	4	1	11	12	0	1	1	0	3	3	0	0	0	56		
10	0	0	0	7	3	10	8	19	27	1	12	13	8	2	10	2	10	12	0	3	3	3	15	18	0	0	0	93		
11	0	0	0	2	2	4	2	5	7	0	3	3	1	0	1	0	7	7	0	0	0	0	5	5	0	0	0	25		
12	0	0	0	4	0	4	1	5	6	0	6	6	1	0	1	0	3	3	1	0	1	0	1	1	0	0	0	22		
13	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
<b>46</b>	<b>31</b>	<b>77</b>	<b>144</b>	<b>67</b>	<b>211</b>	<b>106</b>	<b>313</b>	<b>419</b>	<b>31</b>	<b>228</b>	<b>259</b>	<b>95</b>	<b>47</b>	<b>142</b>	<b>138</b>	<b>253</b>	<b>391</b>	<b>81</b>	<b>39</b>	<b>120</b>	<b>74</b>	<b>204</b>	<b>278</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1900</b>			

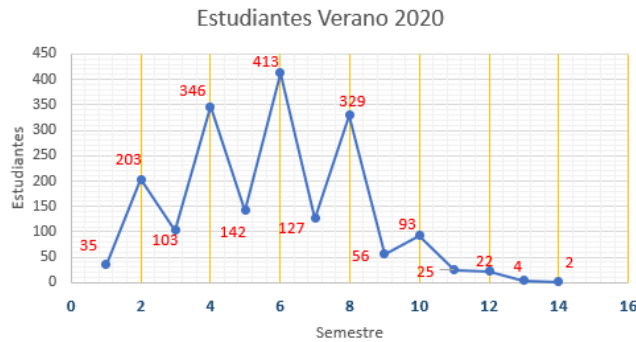


Figura 28 Estudiantes por semestre



Figura 29 Catedráticos en verano 2020

**Conclusiones.**

Existen lineamientos y reglamentos desarrollados para situaciones o condiciones que se prevén con anterioridad, es decir se visualizan a futuro y quizás con cierta predicción de resultado, pero la nueva realidad nos ha sacado de un área de confort ocasionando una

incertidumbre de cómo realizar un replanteamiento de actividades ante esta pandemia, gradualmente se nos ha capacitado para interactuar con nuevas tecnologías de comunicación y hacer de ellas el canal de comunicación y establecer un quehacer educativo nuevo, creativo e innovador, haciendo uso de plataformas para dar clases virtuales, es la nueva formación "**on line**", se debe adoptar una actitud de escuela resiliente, abierta, inclusiva, segura, con acceso a la conectividad, con calidad y educación relevante y permanente; con la motivación y estar con la apertura a la transformación y evolución; el desarrollo de verano fue con base a expectativas inciertas por el nuevo entorno y la creación de estrategias como la prefectura virtual, para el funcionamiento y control de la operación de los cursos de verano, el resultado global fue bastante satisfactorio con un grado de aceptación y acreditación muy alto control y la resiliencia

### **Agradecimientos.**

A la Institución por la confianza en la propuesta de las estrategias aplicadas.

### **Referencias:**

1. AYUDA EN ACCIÓN. (09 de 30 de 2020). <https://ayudaenaccion.org>. Obtenido de Escuelas resilientes, preparadas para un mundo en crisis: <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/educacion/escuelas-resilientes/>
2. CAE INNOVATIVE LEARNING SOLUTIONS. (2021). <https://www.cae.net/es/como-impartir-clase-en-una-plataforma-virtual/>. Obtenido de Clases virtuales: Cómo impartirlas en una plataforma de aprendizaje: <https://www.cae.net/es/como-impartir-clase-en-una-plataforma-virtual/>
3. Instituto Tecnológico de Zacatepec. (29 de septiembre de 2017). Manual del Sistema de Gestión de la Calidad del Instituto Tecnológico de Zacatepec. (Ficha de operación acto de recepción profesional) Recuperado el 22 de febrero de 2021
4. Instituto Tecnológico de Zacatepec. (s.f.). MANUAL DE INSTALACIÓN DE TEAMS PARA LAS TITULACIONES ONLINE. Obtenido de INFORMACIÓN GENERAL: <http://www.itzacatepec.edu.mx/index.php/informacion-general>
5. Tecnológico de Zacatepec. (2021). <http://www.zacatepec.tecnm.mx>. Obtenido de <http://www.zacatepec.tecnm.mx/index.php/nuestro-instituto/mision>
6. Tecnológico Nacional de México. (3 de septiembre de 2010). Lineamientos Académico-Administrativos versión 1 para los planes 2009-2010. Obtenido de Normateca del TecNM: <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>
7. Tecnológico Nacional de México. (5 de octubre de 2015). Manual Lineamientos TecNM 2015. Obtenido de Normateca del TecNM: <https://www.tecnm.mx/?vista=Normateca>
8. Tecnológico Nacional de México. (19 de Mayo de 2020). Circular No. M00/40/2020. Obtenido de Circulares TecNM/ Tecnológico Nacional de México: <https://www.tecnm.mx/?vista=circulares>

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## CASO DE APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA SISTÉMICA EN UN PROYECTO DE RESIDENCIA

**C. M. Ambriz-Zavaleta<sup>1</sup>, E. A. Delgadillo-Calderón<sup>1</sup>, A. Bahena-Díaz<sup>1</sup>, V.Y. Atala-Campos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del TecNM / Instituto Tecnológico de Zacatepec

[cecilia.az@zacatepec.tecnm.mx](mailto:cecilia.az@zacatepec.tecnm.mx), [edgarcalderond@gmail.com](mailto:edgarcalderond@gmail.com), [alma.bd@zacatepec.tecnm.mx](mailto:alma.bd@zacatepec.tecnm.mx),  
[victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx](mailto:victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** *Innovación estratégica de las organizaciones*

**Resumen:** El presente artículo plantea el caso de aplicación de una metodología sistémica conocida como metodología de Jenkins y los beneficios de utilizarla en los proyectos de residencia de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Zacatepec. En el semestre agosto-diciembre 2019 se propuso a un residente el desarrollar su proyecto de residencia con esta metodología de sistemas duros, que forma parte del temario de la asignatura de Ingeniería de Sistemas. La metodología organizada en cuatro fases -cada una con diferente número de etapas- permitió al residente aplicar los conocimientos obtenidos en la asignatura previamente mencionada, y aseguró la evaluación de todos los componentes involucrados en el sistema abordado en el proyecto. Con la guía del asesor interno se concluyó satisfactoriamente el proyecto y fue aprobado para titulación. Se recomienda motivar no solo a los residentes sino a los estudiantes en general a utilizar esta metodología, ya que si bien es cierto que otras metodologías tales como PDCA, 8D y Seis Sigma son bastante útiles, la metodología de Jenkins es una metodología propia de Ingeniería de Sistemas, lo que proporciona mayor oportunidad de que el futuro ingeniero analice, opere, mejore y diseñe sistemas, que contribuyan eficientemente al cumplimiento de los objetivos globales del sistema mayor que los contiene.

### Introducción.

Actualmente los profesionistas de cualquier disciplina se enfrentan a situaciones complejas y cambiantes que demandan intervención holística. El enfoque de sistemas es una herramienta intelectual que permite comprender las muy intrínsecas relaciones que se tejen entre los componentes de una organización. El carácter generalista del enfoque sistémico permite que sea utilizado en cualquier área del conocimiento y la ingeniería industrial no es la excepción. Este programa educativo en su plan 2010 tiene declarado como objetivo: “Formar profesionales, éticos, líderes, creativos y emprendedores en el área de Ingeniería Industrial; competente para diseñar, implantar, administrar, innovar y optimizar sistemas de producción de bienes y servicios; con enfoque sistémico y sustentable en un entorno global” (Instituto Tecnológico de Zacatepec [ITZ], s.f.).

La habilidad de pensar sistémicamente no se adquiere en una sola asignatura, ni en dos o tres. Es un proceso transversal de aprendizaje en el que cada experiencia va modificando el mapa mental del observador. Es importante que los conceptos aprendidos en el curso de Ingeniería de Sistemas se refuercen en los proyectos y trabajos escolares de las demás asignaturas y por supuesto en la residencia. Los residentes suelen elegir para el desarrollo de sus proyectos, metodologías de solución de problemas tales como PDCA, 8D, Six Sigma, entre otras. En la base de datos que se tiene sobre los proyectos

de residencia, no hay evidencia de que alguno se haya desarrollado en el marco de las metodologías de sistemas duros o sistemas suaves que se estudian en la asignatura Ingeniería de Sistemas. Es por esta razón que en el semestre agosto-diciembre 2019 se decide “experimentar” con un estudiante el desarrollar su proyecto de residencia con la metodología de Jenkins.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

El proyecto se llevó a cabo en una empresa de giro metal-mecánica localizada en el estado de Morelos. El periodo de realización fue de cinco meses y su objetivo fue determinar la Eficiencia General de los Equipos (OEE) (ver figura 1) de una de las líneas de producción.



Figura 1. Componentes del OEE. Adaptado de TMI, s.f., TMI (<https://www.tnipal.com/es/modulo-de-medicion-de-rendimiento-oe>)

El tratamiento que se da a los problemas organizacionales va en función de su naturaleza. Puede inferirse una amplia clasificación de tipos de problemas. De acuerdo a Wilson (1993), “tomando los extremos de un espectro que se extiende desde “duro” a lo “suave”” (p.23). Los sistemas duros son aquellos en los que interactúan humanos y máquinas. Los problemas consisten básicamente en escoger el camino óptimo para minimizar la diferencia que hay entre el estado actual y el que se desea alcanzar. El trabajo del ingeniero es muchas veces reducir o eliminar esa diferencia aplicando técnicas y herramientas propias de la Ingeniería Industrial. El problema es fácil de identificar y los objetivos suelen ser claros.

Algunas de las características de los sistemas duros son:

- a) Alto grado de objetivismo.
- b) Los objetivos son fácilmente identificables.
- c) Existen formas medibles para establecer el logro de los objetivos.
- d) Fácil implantación de un sistema de control.
- e) Fácil identificación de sistemas, subsistemas, suprasistemas, ambientes y frontera.
- f) Permiten la construcción de modelos matemáticos.
- g) Se pueden hacer pronósticos o predicciones fácilmente.

h) Permiten la ejecución de experimentos.

Las características del proyecto lo definían como un sistema “duro” o estructurado por lo cual se propuso la metodología desarrollada por Gwilym Meirion Jenkins, profesor de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Lancaster (“Gwilym Jenkins”, 2021).

La metodología consiste en cuatro etapas y sus fases asociadas (Cárdenas, R. (Ed.). (1987)), que pueden apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1. Metodología de Jenkins

1. Análisis de sistemas	2. Diseño de sistemas
1.1 Identificación y formulación del problema	2.1 Pronósticos
1.2 Organización del proyecto	2.2 Modelación y simulación del sistema
1.3 Definición del sistema	2.3 Optimización de la operación del sistema
1.4 Definición del suprasistema	2.4 Control de la operación del sistema
1.5 Definición de los objetivos del suprasistema	2.5 Confiabilidad del sistema
1.6 Definición de los objetivos del sistema	
1.7 Definición de las medidas de desempeño	
1.8 Recopilación de datos e información	
3. Implementación de sistemas	4. Operación
3.1 Documentación y autorización del sistema	4.1 Operación inicial del sistema
3.2 Construcción e instalación del sistema	4.2 Apreciación retrospectiva de la operación del sistema
	4.3 Mejoramiento de la operación del sistema diseñado

## Resultados y Discusión.

El residente con la guía del asesor interno desarrolló cada una de las etapas de las cuatro fases de la metodología (ver figura 2).

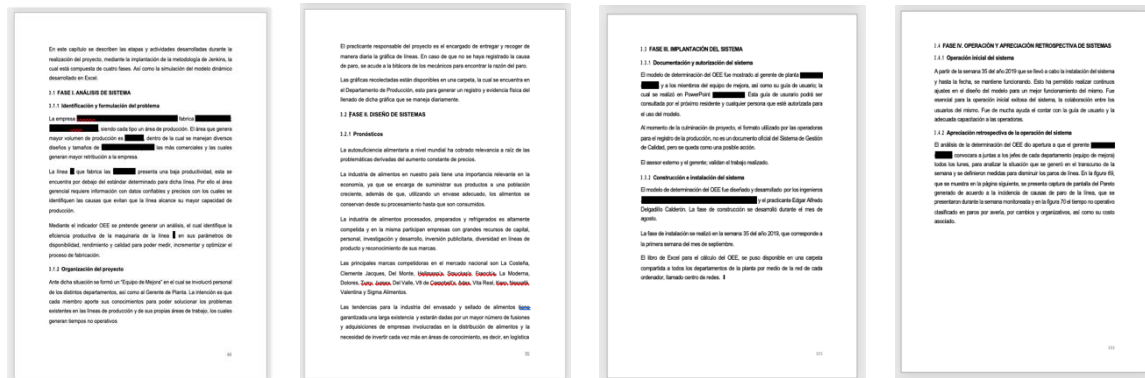


Figura 2. Desarrollo de las cuatro fases de la metodología de Jenkins.



En la primera fase se formuló el problema, se organizó el proyecto, se definió el sistema y el suprasistema, así como sus objetivos y medidas de desempeño y se recopiló la información pertinente (ver figura 3).

ACTIVIDAD	SEMANA	AGOSTO				SEPTIEMBRE		
		1	2	3	4	1	2	3
1. ANÁLISIS DEL SISTEMA	P							
1.1 Identificación y formulación del sistema	R							
1.2 Organización del proyecto	P							
	R							
1.3 Definición del sistema	P							
	R							
1.4 Definición del suprasistema	P							
	R							
1.5 Definición de los objetivos del suprasistema	R							
1.6 Definición de los objetivos del sistema	R							
1.7 Definición de las medidas de desempeño del sistema	R							
1.8 Recopilación de datos	P							

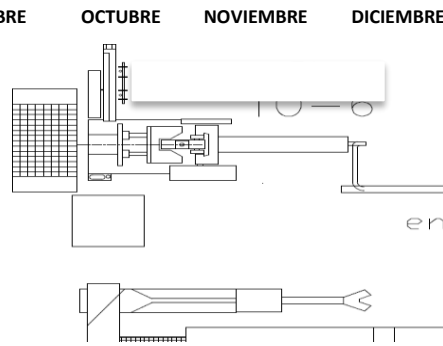


Figura 3. Trabajo desarrollado en la primera fase de la metodología.

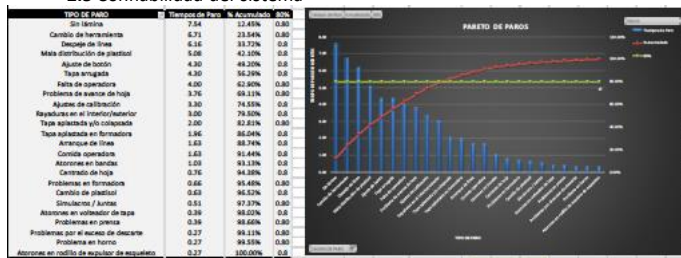
En la fase dos, se modeló y simuló el sistema, se optimizó su operación y se determinó su confiabilidad. En la figura 4 se puede observar parte de este trabajo.

PAROS PROGRAMADOS	LUNES 0,0 hrs.		MARTES 0,0 hrs.		MIÉRCOLES 0,0 hrs.	
	02/09/2019	03/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	04/09/2019	05/09/2019
Atorquaje de Línea (hrs.)	0,0	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Carridas (hrs.)	1,0	0,50	0,50	1,0	0,50	0,50
Falta de Laminas (hrs.)	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Servizadores (hrs.)	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FECHA	TURNO	PIEZAS PRODUCIDAS BUENAS (Cajas)	MERMA (kg.)					
			Tiraje (pzas.)	Sin Liner	Con Liner	Vision	Litografía	Calidad (pzas.)
09/09/2019	1	25,00	28	0,90	1,00	2,00	1,75	128
	2	55,00	60	0,30	0,90	0,60	3,25	101
	3	36,00	0	0,50	0,80	0,80	0,95	108
10/09/2019	1	31,00	80	0,20	0,00	1,00	7,35	56
	2	31,00	120	0,95	1,35	1,65	3,15	80

2.4 Control de la operación del sistema

2.5 Confiabilidad del sistema



RETROSPECTIVA DEL SISTEMA

4.1 Operación inicial del sistema

4.2 Apreciación retrospectiva de la operación del sistema

Cálculo de OEE (Eficiencia General de los Equipos)	
Expresar el tiempo total de trabajo	152,0 (hrs)
Expresar el tiempo consumido en paradas programadas	14,00 (hrs)
Expresar el tiempo consumido en Tiempo No Operativo (TNO)	60,54 (hrs)
Velocidad nominal de la máquina	13,169 (unidades/hrs)
Cantidad total de piezas producidas	1,296,578 (unidades)
Cantidad de piezas NO CONFORMES	21,398 (unidades)

Alcance	Parámetro	Valor
Se contemplan paradas, averías, configuraciones, mantenimiento, ajustes	DISPONIBILIDAD	0,561
Se contemplan microparadas y reducción de la velocidad	RENDIMIENTO	1,271
Se contemplan unidades producidas sin rechazos ni retrabajos	CALIDAD	0,983

OEE	0,7017
OEE [%]	70,17%
Clasificación según OEE	Regular

Figura 4. Trabajo desarrollado en la segunda fase de la metodología.

En la tercera fase se construyó e instaló el sistema una vez que fue autorizado por la empresa y documentado (ver figura 5).





Figura 5. Trabajo desarrollado en la tercera fase de la metodología.

En la cuarta y última fase se inició la operación del sistema y se mejoró lo que se consideró necesario. Se logró el objetivo planteado ya que se pudo con el sistema implantado, hacer el cálculo del OEE de una manera rápida y eficiente y con ello, tomar decisiones basados en información dura, certera y actualizada. (figura 6).

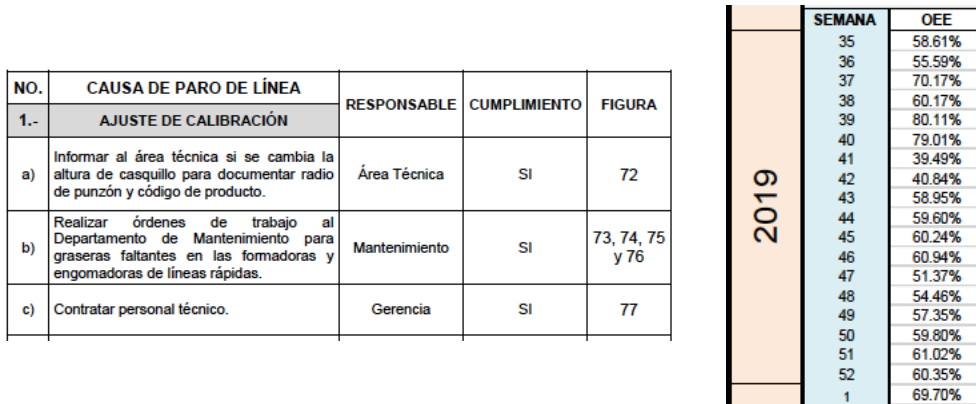


Figura 6. Trabajo desarrollado en la cuarta fase de la metodología.

Hasta aquí el lector puede cuestionar cuál es la ventaja de utilizar a Jenkins en lugar de un PDCA, 8D, Seis Sigma u otra de las metodologías más comunes en el campo de la Ingeniería Industrial (ver figura 7).



Figura 7. Metodologías comúnmente utilizadas. Adaptado de *Comparación de las diferentes metodologías para la solución de problemas*, 2017. (<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81653909009>)

El argumento de discusión para su reflexión es que al incluir una guía de preguntas para cada etapa (figura 8), encauza al tratamiento sistémico del problema pues le “recuerda” al ingeniero aspectos importantes que debe tomar en consideración y que otras metodologías pueden obviar.

**METODOLOGÍA DE JENKINS**

FASE	ETAPAS	DESCRIPCIÓN	GUÍA DE PREGUNTAS
FASE I. ANÁLISIS DE SISTEMAS	1.1 Identificación y formulación del problema	Las organizaciones e instituciones tienen problemas que se generan de sus operaciones y actividades diarias. La labor del ingeniero de sistemas es la de proporcionar soluciones efectivas a estos problemas.	A. ¿Cómo se originó el problema? B. ¿Cuál es su naturaleza? C. ¿Quiénes son las personas que creen que es un problema? D. ¿Es el problema correcto? o ¿es tan sólo un síntoma de un problema mayor? E. ¿Por qué es importante resolver el problema? F. ¿Justifica la solución del problema el costo involucrado?

Figura 8. Guía de preguntas de la metodología de Jenkins

- En la primera fase de prácticamente todas las metodologías se debe formular el problema, la diferencia con Jenkins es que obliga a responder ¿cuál es la naturaleza del problema? ¿Quiénes consideran que es un problema? ¿Es realmente un problema o un síntoma? De acuerdo con Ackoff (2002) “Fracasamos más veces porque solucionamos el problema equivocado que porque damos la solución equivocada al problema correcto”.
- Es más común resolver correctamente un problema equivocado que resolver erróneamente un problema correcto. Esta primera parte de cualquier metodología es sumamente importante pues la definición equivocada conllevará al uso innecesario de recursos. Otro de sus atractivos es que pide en las etapas de sus fases que se identifique claramente el sistema, sus subsistemas y componentes y el suprasistema.
- En la fase dos se destaca el cuestionamiento de si el sistema tiene garantizada su existencia. Pronosticar el futuro esperado del sistema y de su ambiente brinda la

confianza de que vale la pena y se justifica realizar el proyecto y representa un aspecto importante para el diseño de cualquier sistema.

- d) Asimismo en la fase tres es muy incisiva con respecto a los aspectos previos a la implantación de las mejoras. Generalmente el ingeniero corre prisa por llegar a esta etapa pero el omitir aspectos importantes como la comunicación con los involucrados, generar los reportes necesarios, hacer el plan de implantación, verificar que la gente comprende sus nuevas funciones, asegurar los recursos requeridos para la implantación, entre otros, puede poner en riesgo el éxito del proyecto.
- e) Por último en la fase cuatro al considerar la operación y retrospectiva del sistema implantado, solicita se documente adecuadamente la apreciación retrospectiva aspecto que suele pasarse por alto por prestar atención al resultado de la operación. La apreciación documentada será la entrada para nuevos ciclos de mejora.

## Conclusiones.

Las metodologías de sistemas duros o rígidos (Hard Systems Theory) son de gran utilidad para los ingenieros industriales que suelen lidiar con sistemas de esta naturaleza (ver figura 9). Cronológicamente, después de la aparición de las metodologías de la Ingeniería de Sistemas aparecieron las metodologías de sistemas suaves o flexibles (Soft Systems Theory) que permiten la aplicación del enfoque de sistemas con menos rigor, a situaciones problemáticas de la organización. Después de la experiencia de haber trabajado con ambas, se encuentra conveniente combinarlas ya que los problemas organizacionales no son sistemas puramente duros o suaves, sino que son una mezcla de aspectos humanos, sociales, organizacionales, legales, ambientales, etc. Este híbrido brindará sin duda mayores oportunidades de que el ingeniero analice, sintetice y tome decisiones con visión holística.

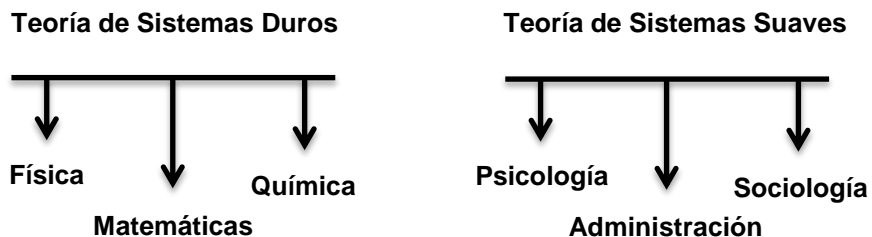


Figura 9. La Teoría de Sistemas Duros y Suaves. Adaptado de *La Teoría General de Sistemas. Evolución Histórica* (p. 2), por R. Cárdenas, 1987, ITESM.

## Agradecimientos.

Agradezco a Edgar Alfredo Delgadillo Calderón el haberse “arriesgado” a desarrollar su proyecto de residencia con una metodología distinta a las preferidas por los estudiantes. Gracias también a la empresa que lo acogió en el proceso.

## Referencias

1. Instituto Tecnológico de Zacatepec. (s.f.). *Ingeniería Industrial*. <http://itzacatepec.edu.mx/index.php/2014-03-11-03-17-15/licenciatura/17-subdireccion-academica/licenciatura/17-ingenieria-industrial>
2. TMI. (s.f.). *Módulo de medición de rendimiento OEE*. <https://www.tmipal.com/es/modulo-de-medicion-de-rendimiento-oe>
3. Wilson, B. (1993). *Sistemas: conceptos, metodología y aplicaciones*. Grupo Noriega Editores.
4. Gwilym Jenkins. (5 de marzo de 2021). En *Wikipedia*. [https://es.qaz.wiki/wiki/Gwilym\\_Jenkins](https://es.qaz.wiki/wiki/Gwilym_Jenkins)
5. Cárdenas, R. (Ed.). (1987). *Ingeniería de Sistemas I. Lecturas selectas*. ITESM.
6. Izaguirre Neira, Javier Gabino, & Párraga Velásquez, María del Rosario (2017). *Aplicación de las metodologías 8D y AMFE para reducir fallos en una fábrica de refrigeradoras*. *Industrial Data*, 20(2),61-70.[fecha de Consulta 15 de Abril de 2021]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81653909009>
7. Ackoff, R. (1993). *El arte de resolver problemas*. Limusa Noriega Editores.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN LA EDUCACIÓN FORMAL

**Erik López-García<sup>1</sup>, Judith Zubieta-García<sup>2</sup>, Eduardo Salinas-Hernández<sup>3</sup>, Marianela Monreal-Torres<sup>4</sup>, Martha Laura Ortiz-Domínguez<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Ciencias Básicas, Calzada Tecnológico No. 27 Zacatepec Morelos, C.P. 62780. e-mail: [erik.lg@itzacatepec.edu.mx](mailto:erik.lg@itzacatepec.edu.mx) <sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. e-mail: [zubieta@unam.mx](mailto:zubieta@unam.mx) <sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Metalmeccánica. email: [eduardo.sh@zacatepec.tecnm.mx](mailto:eduardo.sh@zacatepec.tecnm.mx) <sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Ingeniería Industrial. e-mail: [maria.mt1@zacatepec.tecnm.mx](mailto:maria.mt1@zacatepec.tecnm.mx) <sup>5</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Ciencias Económico - Administrativas. e-mail: [martha.od@zacatepec.tecnm.mx](mailto:martha.od@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** Enseñanza de las Ciencias Básicas

**RESUMEN:** Al utilizar materiales didácticos adicionales a los que normalmente se utilizan en el salón de clase, como son los videos en diferentes plataformas, se advierten cambios en las calificaciones. Una de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) que tomamos en cuenta son el uso de videos, llevando estrategias de enseñanza como la metáfora y el pensamiento visual. Los resultados de este diagnóstico permitieron corroborar que los estudiantes obtuvieron un mejor resultado en el examen una vez aplicadas las estrategias mediadas por tecnología que pusimos en práctica.

**Palabras clave:** TIC, MOOC, Estrategias de enseñanza.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más serios de la educación en México es la deserción estudiantil. Entre los múltiples factores que generan esta deserción, está la acumulación de asignaturas reprobadas. Una de las asignaturas de más alta reprobación ha sido la Matemática, según lo indica el Sexto Informe de Gobierno del Poder Ejecutivo Federal. El logro educativo en matemáticas es bajo en varias pruebas estandarizadas; entre ellas, la prueba Enlace (Evaluación Nacional de Logros Académicos en Centros Escolares) y la prueba PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos).

De acuerdo con PISA, México está en penúltimo lugar en competencias de matemáticas; también, los estudiantes mexicanos (algunos de tercero de secundaria y otros en su primer año de bachillerato) tienen dificultades en aspectos básicos de matemáticas. Ello puede explicar parcialmente los altos índices de reprobación.

Para mejorar el aprendizaje en las matemáticas, tenemos diferentes herramientas como son estrategias basadas en TIC (Videos, MOOC, redes sociales etc.); vamos a describir algunas:

- Hoy en día se utiliza videos como material didáctico, véase [3] y [4]. Tanto es la aceptación de los videos, que hoy en día se tienen videos de matemáticas en muchas plataformas como YouTube, Yahoo, etc.
- También se ocupan en cursos de línea masivos y abiertos (MOOC). Algunos MOOC en matemáticas son: Algebra Básica (UNAM) en la plataforma Coursera, Pre-Calculus (Universidad Autónoma de Barcelona) en la plataforma Coursera y Precálculo (plataforma de la Khan Academy).

Como una posible solución a esta problemática de la reprobación en la materia de Matemáticas, en este artículo planteamos, el desarrollo de videos y el empleo de redes sociales como materiales didácticos adicionales para los estudiantes de nuevo ingreso en la educación superior. La hipótesis es que mediante videos y redes sociales como materiales didácticos adicionales es posible mejorar las calificaciones de matemáticas.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Diseño Experimental

Diseñamos un experimento en el que definimos un grupo A (o experimental, con 82 alumnos) y otro, B (de control con 81 alumnos). El primero, además de la clase presencial, tuvo acceso a los videos ubicados previamente en las redes sociales más utilizadas del grupo. Para el segundo, la clase siguió siendo como siempre: presencial y con interacciones en el aula, sin contar con otros materiales didácticos.

Una vez concluido el tema, se procedió a aplicar el examen correspondiente (mismo examen para los dos grupos).

#### *Grupo A (experimental)*

El grupo A pertenece a las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Civil, primer semestre y consta de 82 alumnos: 70 hombres y 12 mujeres.

#### *Grupo B (control)*

El grupo B cursa las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Administración, primer semestre y consta de 81 alumnos: 66 hombres y 15 mujeres.

### *Hipótesis de Investigación*

El uso de TIC en el salón de clases mejora el rendimiento escolar de los alumnos.

$H_0$ : El uso de TIC no tiene repercusiones en el rendimiento escolar, es decir,

$$\mu_A - \mu_B = 0.$$

$H_1$ : El uso de TIC mejora el rendimiento escolar, es decir,

$$\mu_A - \mu_B > 0.$$

### Materiales Didácticos

Diseñamos cinco videos para un tema del curso de Cálculo Diferencial llamado Límites, viene dado en la unidad tres y tiene un total de 9 subtemas; véase la Figura 1. El tema de Límite es fundamental para introducir la definición de Derivada, que es la cuarta unidad, debido a su importancia la tomamos en cuenta para hacer materiales didácticos. Las estrategias de enseñanza que estuvieron presentes al elaborar los videos son: la metáfora, entendida como el proceso de conexión entre dos cosas diferentes; y el pensamiento visual, entendido como el aprendizaje producido a partir de estímulos provenientes de la observación.

Mediante una aplicación que graba videos (Camtasia Studio 8) y otra, llamada ArtRage Lite, que resulta ser muy útil para diseñar el ambiente y los escritos en video, construimos cinco videos:





Nombre del documento: Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias del periodo.

Código: ITZ-AC-PO-013-01

Versión: 4

Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.1, 7.2.1, 7.5.1, 7.6

Página 10 de 20

Utiliza la definición de límite de funciones para determinar analíticamente la continuidad de una función en un punto o en un intervalo y muestra gráficamente los diferentes tipos de discontinuidad.

Competencia No.: 3 Descripción:

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-práctica
<b>3. Límites y continuidad.</b> 3.1 Noción de límite. 3.2 Definición de límite de una función. 3.3 Propiedades de los límites. 3.4 Cálculo de límites. 3.5 Límites laterales. 3.6 Límites infinitos y límites al infinito. 3.7 Asíntotas. 3.8 Continuidad en un punto y en un intervalo. 3.9 Tipos de discontinuidades.	Redactar un documento resumen sobre el concepto de límite de una función y sus propiedades (subtemas 3.1, 3.2 y 3.3), como resultado de la investigación documental respectiva.  Resolver, en aula y extra-clase, ejercicios para desarrollar habilidad en el cálculo de límites de varios tipos, incluyendo finitos e infinitos, laterales y al infinito.  Resolver, en aula y extra-clase, ejercicios para analizar la continuidad de funciones, en puntos y en intervalos, garantizando el uso de las condiciones respectivas.  En todos los ejercicios y problemas, se empleará lo aprendido en los temas 1 y 2, para verificar los resultados, en particular el uso de gráficas de funciones.	Enunciar y proponer la discusión sobre los límites de funciones de variable real; a partir de los resultados de la investigación correspondiente.  Presentar y explicar ejemplos sobre el cálculo de límites de funciones matemáticas de variable real de varios tipos, incluyendo finitos e infinitos, laterales y al infinito.  Presentar y explicar ejemplos sobre el análisis de la continuidad de funciones, en un punto y en un intervalo, utilizando las condiciones respectivas.  Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de los temas anteriores de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.	<b>Instrumentales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar, interpretar, comprender y manipular conceptos en diferentes formas: numérica, geométrica, algebraica, trascendente y verbal.</li> <li>• Comunicarse en el lenguaje matemático en forma oral y escrita.</li> <li>• Modelar matemáticamente fenómenos y situaciones en las que intervienen los conceptos en estudio.</li> <li>• Capacidad estratégica de resolver problemas.</li> <li>• Destrezas en el uso de software matemático.</li> <li>• Capacidad de organizarse en el tiempo para mejorar sus estrategias de aprendizaje.</li> </ul> <b>Interpersonales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de trabajar en equipo con compromiso ético.</li> <li>• Capacidad de comunicar sus ideas, plantear sus dudas y hacer aportaciones.</li> </ul> <b>Sistémicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades de investigación documental.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	15

Figura 1. Temario de Cálculo Diferencial, Unidad 3.

1 video de introducción, 1 video de Teoría de Límite, 2 videos con ejemplos y 1 video con tareas a desarrollar por los alumnos. A continuación, detallamos el contenido de cada video:

- Introducción. Presenta una analogía para la definición de límite con un problema de construcción; también se habla de la importancia que tienen los límites mediante el uso de ejemplos. Uno de ellos plantea el problema de encontrar la velocidad exacta de un vehículo en un tiempo determinado.
- Teoría de límite lateral izquierdo. Además de exponer la definición de límite de una manera informal, también se explican dos métodos para calcular límites: el gráfico y el algebraico. Para tal fin expusimos dos ejemplos:
  - Ejemplo 1. Se muestra cómo calcular un límite lateral izquierdo mediante el método gráfico y el método algebraico;
  - Ejemplo 2. Mediante el método gráfico y el algebraico se presenta un ejemplo de un límite lateral izquierdo que se va a infinito.

- Cada uno de los dos videos con ejemplos muestran, por vía de los dos métodos utilizados (gráfico y algebraico), ejercicios en los que se busca que el estudiante entienda y compare cada uno de los métodos, utilizando problemas con los que pueden relacionarse fácilmente.
- Tareas. Partiendo de las principales actividades que los jóvenes realizan en su tiempo libre para divertirse, de acuerdo con lo publicado en los resultados de la Encuesta Nacional de Juventud [2], se plantean 4 ejercicios de límites: el primero está dirigido al deporte; el segundo, al amor; el tercero es un videojuego y el último, una caricatura. Estas tareas deben ser resueltas por los alumnos en casa y entregadas por escrito al profesor.

## RESULTADOS

### Examen de Límites

Por medio de la plataforma Whatsapp (tomando en cuenta [1]), hicimos un grupo en el que añadimos como participantes a los alumnos del grupo A, luego subimos todos los videos y ocupamos esta aplicación como medio de comunicación. A continuación, se evidencia que los alumnos del grupo experimental A (que tuvieron acceso a los videos y a intercambiar comentarios y preguntas mediante las dos redes sociales utilizadas Whatsapp y Facebook) obtuvieron mejores calificaciones que los del grupo control B.

En la unidad de Límites, comparamos las calificaciones de exámenes del grupo A y el grupo B, y se tiene una diferencia de 6 puntos. Véase la figura 2.

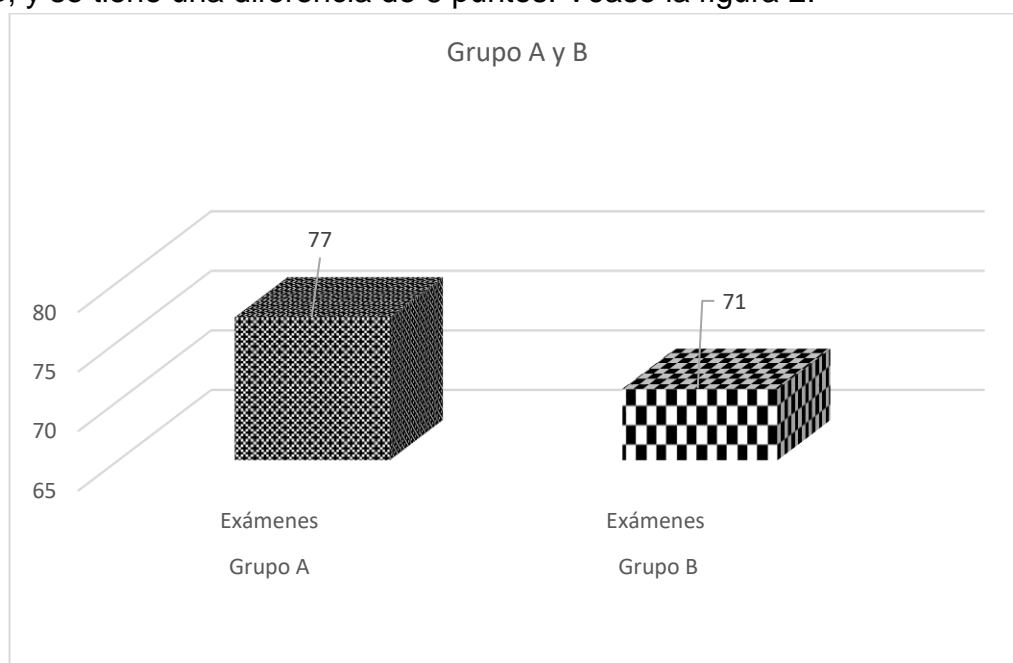


Figura 2. Calificaciones Grupo A y B

### *Hipótesis de Investigación*

El uso de TIC en el salón de clases mejora el rendimiento escolar de los alumnos.

$H_0$ : El uso de TIC no tiene repercusiones en el rendimiento escolar, es decir,

$$\mu_A - \mu_B = 0.$$

$H_1$ : El uso de TIC mejora el rendimiento escolar, es decir,

$$\mu_A - \mu_B > 0.$$

**Datos**

$$\bar{X}_A = 77$$

$$\bar{X}_B = 71$$

$$S_A = 27.04$$

$$S_B = 27.56$$

$$n_A = 80$$

$$n_B = 79$$

$$\sigma_A = \text{Desconocida} \quad \sigma_B = \text{Desconocida}$$

$$\mu_A = \text{Desconocida} \quad \mu_B = \text{Desconocida}$$

Seleccionamos el nivel de significancia,  $\alpha=0.05$  e identificamos el estadístico de prueba:

$$t = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}}}, \quad V = \frac{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)^2}{\frac{(S_A^2)^2}{n_A-1} + \frac{(S_B^2)^2}{n_B-1}},$$

donde  $V$  = Grados de libertad.

Encontramos el valor crítico  $V \approx 78$ , entonces  $t_{v,1-\alpha} = t_{78,0.95} = 1.6646$ .

La regla de decisión es: Rechazo  $H_0$  si  $t > t_\alpha = 1.6646$ .

Según los cálculos tenemos que  $t = 1.68$ , por lo tanto, como  $t > t_\alpha$  se rechaza  $H_0$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

## CONCLUSIONES

Al comparar el grupo experimental con el de control, los alumnos que estuvieron expuestos al uso de TIC mejoraron su aprendizaje del tema en cuestión.

Por medio de los datos obtenidos en esta investigación, comprobamos que a través de dichas estrategias es posible, efectivamente, mejorar el aprendizaje de las matemáticas.

Este estudio sobre el impacto que pueden tener las TIC en el aprendizaje de la matemática pareciera estar confirmando lo que se hubiese predicho: las estrategias de enseñanza mediadas por tecnología son mejor aprovechadas por estudiantes.

Es evidente que una mejoría en las calificaciones no necesariamente representa un mejor aprendizaje, por lo que es necesario extender este estudio a poblaciones más numerosas y contemplar las diversas posibilidades que existen para demostrar que, efectivamente, los alumnos aprenden más y mejor cuando las tecnologías forman parte de las estrategias de enseñanza y aprendizaje.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue escrito gracias al apoyo y colaboración del Instituto Tecnológico de Zacatepec, con especial agradecimiento a su Director Lorenzo O. Hernández.

## REFERENCIAS

1. *Forbes México*, 23 de noviembre de 2015. "Las cinco redes sociales favoritas de los mexicanos". <http://www.forbes.com.mx/206383-2/>

2. *Instituto Mexicano de la Juventud*. "Encuesta Nacional de Juventud 2010". Resultados Generales. México 2010. Disponible en:
3. [http://www.imjuventud.gob.mx/imgs/uploads/Encuesta\\_Nacional\\_de\\_Juventud\\_2010\\_-\\_Resultados\\_Generales\\_18nov11.pdf](http://www.imjuventud.gob.mx/imgs/uploads/Encuesta_Nacional_de_Juventud_2010_-_Resultados_Generales_18nov11.pdf)
4. Martínez, F., Rodríguez, M.; & García, F. "Evaluación del impacto del término MOOC Vs. eLearning en la literatura científica y de divulgación". *Profesorado*, 18 (1), 185-201, 2003.
5. Siemens, G. "Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age". Recuperado, de *eLearning Space*, 2015: <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## DETECTAR EL MEJOR ESTILO DE APRENDIZAJE PARA LAS MATEMÁTICAS

**Erik López-García<sup>1</sup>, Jesús Recillas-Roman<sup>1</sup>, Mateo Cortez-Rodriguez<sup>1</sup>, Arturo Méndez-Maldonado<sup>1</sup>, Jesús Manzo-Espín<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Ciencias Básicas, Calzada Tecnológico No. 27 Zacatepec Morelos, C.P. 62780. e-mail: [erik.lg@zacatepec.edu.mx](mailto:erik.lg@zacatepec.edu.mx), [jesus.rr@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jesus.rr@zacatepec.tecnm.mx), [mateo.cr@zacatepec.tecnm.mx](mailto:mateo.cr@zacatepec.tecnm.mx), [arturo.mm1@zacatepec.tecnm.mx](mailto:arturo.mm1@zacatepec.tecnm.mx) <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Ingeniería Civil. e-mail: [jesus.me@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jesus.me@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** Enseñanza de las Ciencias Básicas

**RESUMEN:** Existen diferentes modelos de estilos de aprendizaje que nos ayudan a proponer diferentes estrategias de aprendizaje para poder aumentar el rendimiento en los alumnos en la materia de matemáticas. A partir de un diagnóstico de estilos de aprendizaje en los alumnos y utilizando las redes sociales como medio de comunicación y difusión, en este artículo, demostramos que el estilo de aprendizaje que resultó más favorecido por la mediación tecnológica fue precisamente el de los alumnos teóricos.

**Palabras clave:** Estilos de Aprendizaje, diagnóstico de Estilos de Aprendizaje, Redes Sociales.

### INTRODUCCIÓN

El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés) 2018 reveló que 35% de los estudiantes mexicanos de 15 años no obtuvo el nivel mínimo de competencias necesarias para continuar estudiando en matemáticas, y sólo uno de cada 100 se colocó en los niveles más altos de desempeño del examen.

Los resultados de la prueba que aplica la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) desde 2000 revelan que en los 18 años que México ha participado en el examen ha tenido pocos avances y está por debajo del desempeño promedio de los estudiantes que viven en naciones socias.

Para mejorar el aprendizaje en las matemáticas, tenemos diferentes herramientas como son modelos de estilos de aprendizajes, vamos a describir algunas:

1. Los modelos de estilos de aprendizaje son herramientas que permiten entender los comportamientos en el aula, cómo se relacionan con la forma de aprender de los alumnos y la acción que resulta más eficaz en un momento dado (véase [5]). Conozcamos modelos de estilos de aprendizaje: modelo de Felder y Silverman, modelo de Programación Neurolingüística de Bandler y Grinder, modelo de los hemisferios cerebrales y modelo de Honey y Mumford. Para el modelo de Honey y Mumford (véase [1] y [2]), los estilos de aprendizaje son cuatro:

- *Estilo Activo*. Son personas que se implican plenamente y sin prejuicios en nuevas experiencias. Son de mente abierta, nada escépticos y acometen con entusiasmo las tareas nuevas.
  - *Estilo Reflexivo*. Son personas que les gusta considerar las experiencias y observarlas desde diferentes perspectivas, reúnen datos, analizándolos con detenimiento antes de llegar a alguna conclusión.
  - *Estilo Teórico*. Son individuos que se adaptan e integran las observaciones dentro de teorías lógicas y complejas.
  - *Estilo Pragmático*. El punto fuerte de las personas con predominancia en este estilo es la aplicación práctica de las ideas. Descubren el aspecto positivo de las nuevas ideas y aprovechan la primera oportunidad para experimentar.
2. Las redes sociales tienen un gran potencial en la educación, ya que impulsan estudiantes activos e involucrados en su aprendizaje, ver [3] y [4]. Actualmente es notorio que está creciendo de manera importante el uso de estas, por lo cual, es conveniente considerarlas como espacios factibles para hacer llegar información educativa a los estudiantes que, una vez conectados, pueden aprovechar su tiempo para consultar contenidos educativos e interactuar con profesores y otros alumnos. Algunas redes sociales son: Twitter, Facebook, WhatsApp y Snapchat.

Las redes sociales están de moda, vamos a aprovechar el potencial que tienen hoy en día en los jóvenes y sacarle provecho en aumentar el rendimiento de los estudiantes en la materia de matemáticas. Esto lo haremos al conocer los estilos de aprendizaje de cada uno de los alumnos, utilizando las redes sociales como medio de comunicación y difusión, y después saber en cuál de estos estilos es mejor aprovechado en la materia de matemáticas.

## **SECCIÓN EXPERIMENTAL**

### Diseño Experimental

Diseñamos un experimento en el que definimos un grupo experimental con 82 alumnos. Además de la clase presencial, se trabajó a través de las redes sociales más utilizadas del grupo como medio de comunicación y difusión.

Una vez concluido el tema, se procedió a aplicar el examen correspondiente.

### Grupo Experimental

El grupo pertenece a las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Zacatepec, primer semestre y consta de 82 alumnos: 70 hombres y sólo 12 mujeres.

### Redes Sociales

Esta parte de la investigación la enfocamos en encontrar las redes sociales más utilizadas por los estudiantes del grupo experimental, mediante un cuestionario. Nos



interesa conocer las redes sociales, ya que nos sirven para usar estas plataformas como medio de comunicación y difusión de videos, documentos, ya que tiene mayor impacto al ser su uso muy difundido.

#### Modelo de Estilos de Aprendizaje de Honey y Mumford

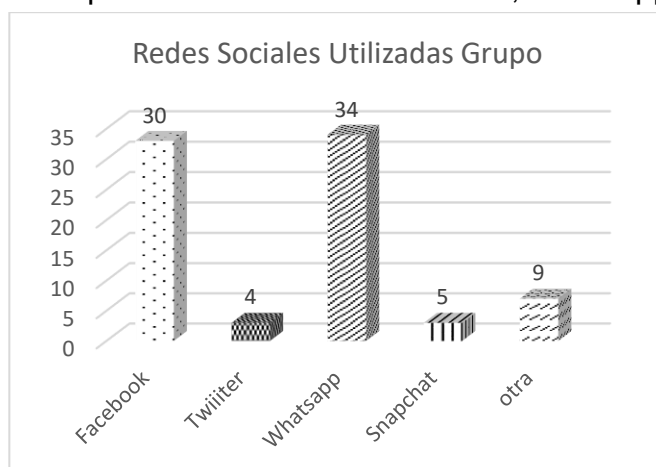
Hicimos el diagnóstico de los estilos de aprendizaje del modelo Honey y Mumford de los alumnos del grupo experimental, aplicando el cuestionario de CHAEA. El cuestionario de Estilos de Aprendizaje desarrollado por Peter Honey y Alan Mumford en 1988, fue adaptado al ambiente escolar y al idioma español por Catalina Alonso en 1992, ella lo llamó CHAEA. El instrumento consta de 80 reactivos (considerando 20 para cada estilo de aprendizaje). Con el propósito de facilitar la comprensión de las preguntas por parte de los estudiantes, modificamos la redacción de estas, cambiando palabras y expresiones a un lenguaje más coloquial para jóvenes mexicanos.

## RESULTADOS

### Redes Sociales

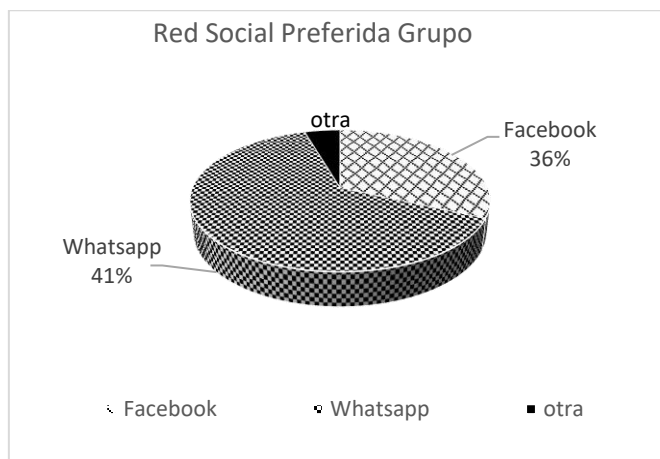
Aplicamos un cuestionario al grupo experimental de cálculo diferencial, para encontrar la red social que más utilizan, véase la siguiente información:

- Las redes sociales que más utilizan son Facebook, Whatsapp, Twitter y Snapchat.



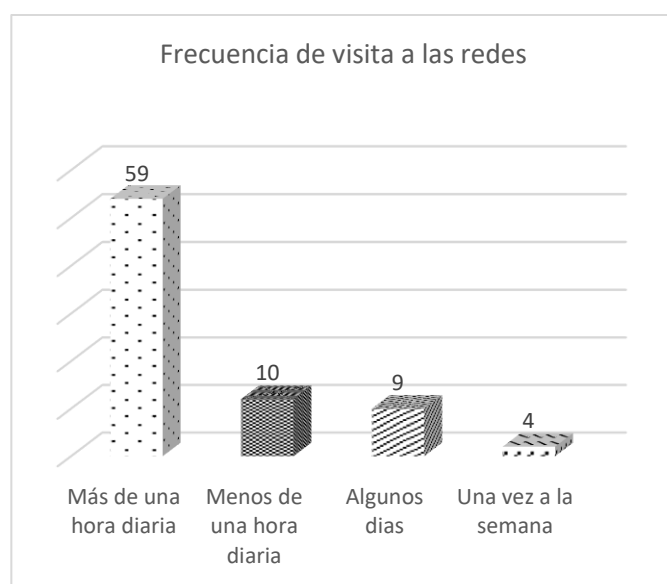
**Figura 1.** Redes sociales utilizadas

- La red social preferida del grupo Experimental es Whatsapp.



**Figura 2.** Red social preferida

- La frecuencia con la que los alumnos utilizan las redes sociales es:  
Grupo Experimental. El 73% de alumnos utiliza las redes sociales más de una hora diaria, un 13% menos de una hora diaria, un 10% lo utiliza algunos días y un 4% una vez a la semana.  
Véase las siguientes gráficas.



**Figura 3.** Frecuencia de visitas a las redes

### Estilos de aprendizaje

Veamos los resultados obtenidos del cuestionario CHAEA al aplicarlo al grupo experimental, según la puntuación dada por el estudiante a cada pregunta del cuestionario. En la figura 4 se muestra la media aritmética obtenida para cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje. Se advierte un valor mayor en el estilo reflexivo, seguido por el teórico, lo que significa que en el grupo estudiado el reflexivo es el estilo predominante.

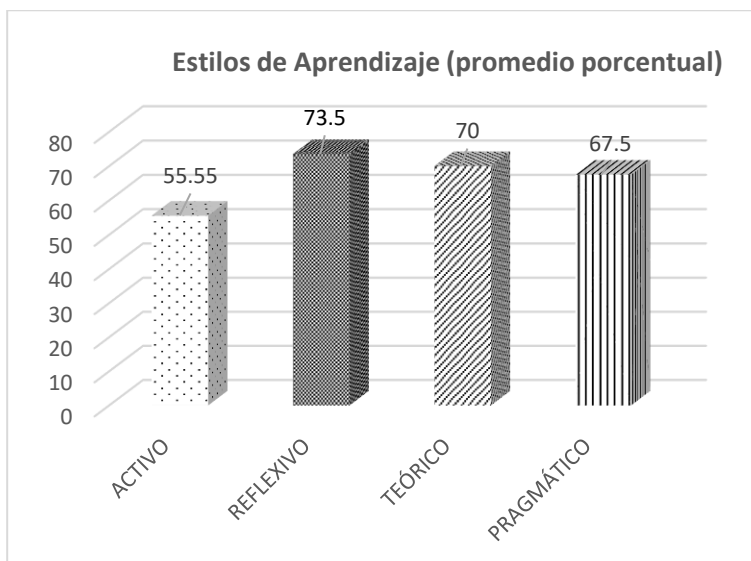


Figura 4. Media aritmética de los estilos de aprendizaje en toda la población

Al analizar el estilo de aprendizaje predominante en cada alumno, se encontró que, efectivamente, el mayor porcentaje de los alumnos declaró tener un estilo reflexivo. La figura 5 muestra el porcentaje de alumnos que mayormente presenta uno de los cuatro estilos de aprendizaje. Vale la pena señalar que esto no significa que los alumnos considerados reflexivos no tengan características afines a los otros tres estilos; se trata de la caracterización predominante en cada uno de los alumnos del grupo bajo estudio.

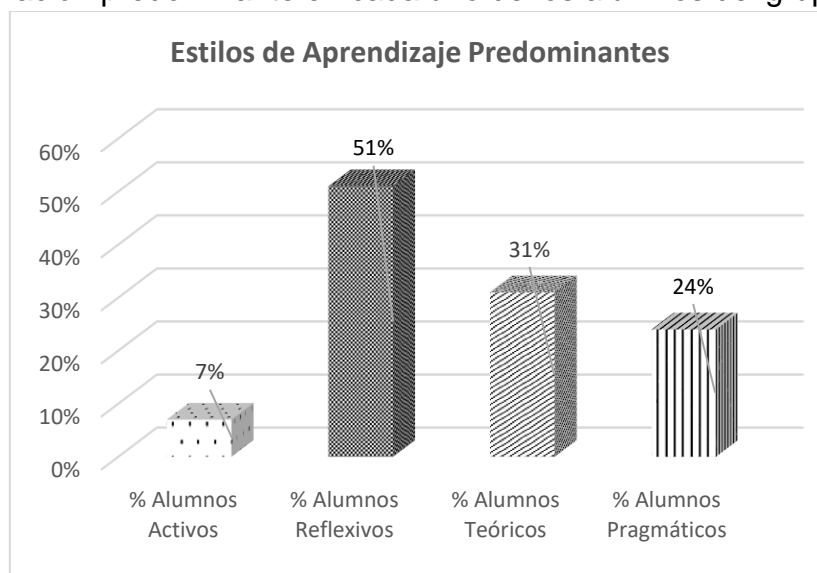
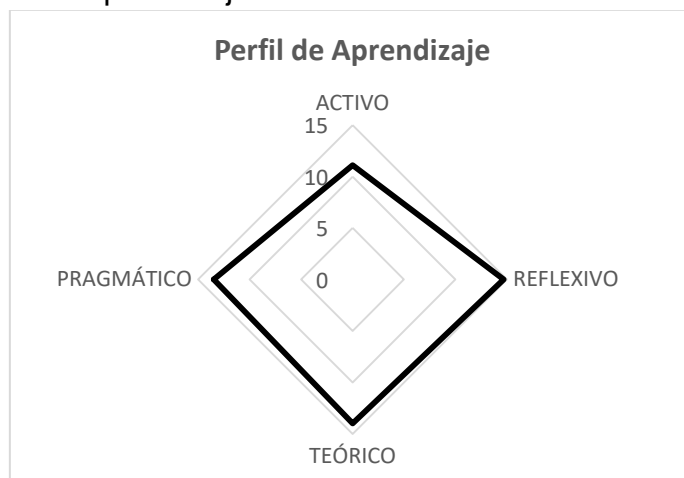


Figura 5. Porcentaje de la población para cada estilo de aprendizaje

Al analizar la puntuación promedio que se obtuvo para cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje se observa que tres de ellos están muy próximos; es decir, los estilos reflexivo, teórico y pragmático son los que en este grupo presentan valores más

cercanos. En la figura 6 se muestran las puntuaciones asociadas a las preguntas relativas a cada perfil de aprendizaje.



**Figura 6.** Perfil de aprendizaje de los alumnos

### Impacto de la estrategia de redes sociales.

En este apartado consideraremos a todos los alumnos en función de su estilo predominante o único, así, entenderemos como alumno reflexivo, al alumno que tiene ése como estilo de aprendizaje predominante o único.

Al analizar los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario, encontramos que la estrategia mediada por tecnología resultó ser de gran ayuda para los cuatro estilos de aprendizaje, con algunas variaciones en función del estilo predominante.

A continuación, presentaré los resultados particulares de cada estilo, señalando el porcentaje de los alumnos cuya calificación subió, bajó o permaneció igual en el examen aplicado después del uso de las redes sociales.

- Alumnos Reflexivos. El 80% de estos estudiantes subió de calificación, un 5% bajó y el 15% restante permaneció igual.
- Alumnos activos. El 67% de estos alumnos subió su calificación mientras que el 33% restante bajó. Como se puede ver, ningún alumno obtuvo la misma calificación que en el examen antes de la intervención.
- Alumnos teóricos. La mayoría de estos alumnos (un 84%) mejoró su calificación, un 8% bajó y el otro 8% permaneció igual.
- Alumnos pragmáticos. El 80% mejoró su calificación, pero la quinta parte de ellos obtuvo una calificación menor.

Llama la atención que, contrario a lo que se hubiera esperado –derivado de los estereotipos asignados a la Matemática y a quienes demuestran tener habilidades para ella–, el estilo de aprendizaje que resultó más favorecido por la mediación tecnológica fue precisamente el de los “alumnos teóricos”. A pesar de que todos los estilos de aprendizaje reportaron incrementos en las calificaciones del examen aplicado después de la intervención, el predominantemente activo fue el estilo que menos reportó mejorías en la calificación obtenida en el examen. Esto quiere decir, que la estrategia de

aprendizaje fue más benéfica para los alumnos con estilos teórico, seguido por los mayoritariamente reflexivos y pragmáticos. Véase la Figura 7.

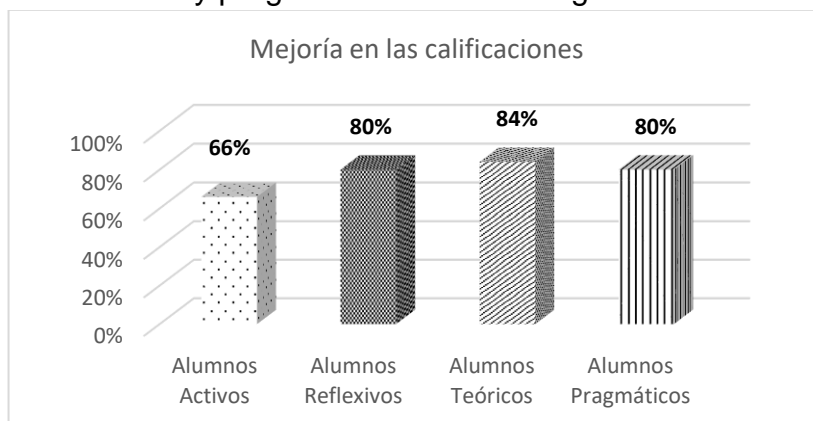


Figura 7. Distribución de aumento de calificaciones de cada estilo de aprendizaje

Si se analizan los estilos de aprendizaje que reportaron más alumnos con calificaciones inferiores después de haber tenido acceso a las redes sociales, es claro que los alumnos activos (los menos favorecidos por la mediación tecnológica) fueron los más numerosos.

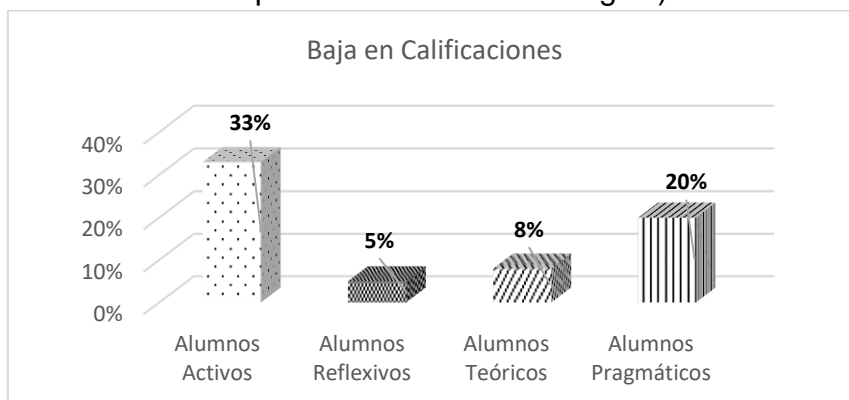


Figura 8. Distribución de reducción de calificaciones de cada estilo de aprendizaje

El estilo de aprendizaje en el que hubo más alumnos cuya calificación se mantuvo sin cambios fue el reflexivo; los alumnos predominantemente pragmáticos no reportaron cambios, lo mismo que los activos, como muestra la Figura 9.

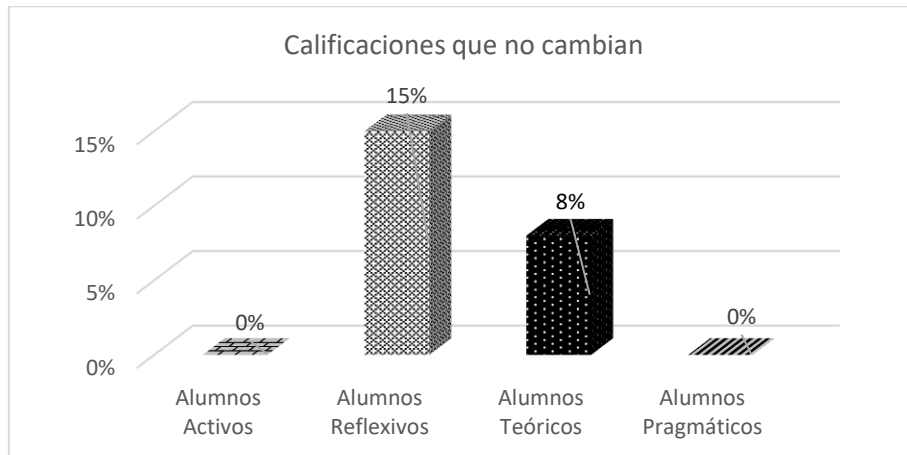


Figura 9. Distribución de cada estilo de aprendizaje en calificaciones que no cambiaron

## CONCLUSIONES

Las estrategias de enseñanza mediadas por tecnología de redes sociales son mejor aprovechadas por estudiantes con un estilo de aprendizaje predominantemente teórico. No obstante, es importante destacar que esta intervención también generó resultados positivos en otros estilos de aprendizaje, por lo que pudiera suponerse que el uso de redes sociales digitales es una estrategia adecuada para mejorar el rendimiento escolar de los alumnos que recién empiezan una ingeniería.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue escrito gracias al apoyo y colaboración del Instituto Tecnológico de Zacatepec, con especial agradecimiento a su Director Lorenzo O. Hernández.

## REFERENCIAS

1. Alonso, C. y Gallego, D. "Los estilos de aprendizaje". México: *Mensajero*, 1995.
2. Alonso, C; Gallego, D.; Honey, P. "Los Estilos de Aprendizaje, Procedimientos de diagnóstico y Mejora", Bilbao: *Ediciones Mensajero*. 6ª. Edición. España, 1994.
3. *Excelsior*, 19 de mayo de 2015. "Redes sociales, lo más usado en la web en México".
4. <http://www.excelsior.com.mx/hacker/2015/05/19/1024864>
5. Lefever, M. "Estilos de Aprendizaje". México: *Editorial Patmos*.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## ANÁLISIS PEDAGÓGICO DE LA CARENCIAS DE HABILIDADES DE LOS ESTUDIANTES DE SISTEMAS COMPUTACIONALES.

A.C. Campos-Hernández<sup>1</sup>, C. G. Bustillos-Gaytán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-[ana.ch@itzacatepec.edu.com](mailto:ana.ch@itzacatepec.edu.com),  
[claudia.bg@itzacatepec.edu.com](mailto:claudia.bg@itzacatepec.edu.com).

Área de participación: *Enseñanza de las Ciencias Básicas*

**Resumen:** Ante las dificultades que se presentan, lamentablemente cada vez más acentuadas, por la carencia de habilidades básicas en los estudiantes de la educación tecnológica, se realizó un estudio sistematizado y sólidamente sustentado, que permitiera la identificación puntual de: competencias básicas ausentes en los estudiantes y de asignaturas en las carreras técnicas, que pudieran y debían reforzar las mismas, que en la práctica generalizada no se hace a plenitud y que sólo se detectan finalmente, en un momento en el cual se vuelve un problema prácticamente irreversible las carencias iniciales. La propuesta de una estrategia eficaz para la mejora continua de la práctica educativa en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales es un anhelo que las autoras tienen, persiguiendo obtener mayor eficiencia escolar, razón por la cual se pone a consideración en el presente trabajo. El mismo aborda un análisis pedagógico, con un enfoque orientado a competencias y considerando la existencia de inteligencias múltiples que se enfoca al área, pero que puede ser perfectamente válido para otras carreras del tecnológico y las sugerencias finales pueden ser enriquecidas, pero indudablemente son un punto de partida de trabajo en tal sentido que no puede seguirse postergando.

### Introducción.

La mejora continua de la práctica educativa debe ser una meta permanente de todo profesor en el ejercicio de la profesión y en tal sentido cualquier análisis que se realice de la realidad imperante docente es válida y necesaria y como consecuencia, resulta imprescindible que emanen estrategias que tiendan a corregir problemas y a mejorar progresivamente en todos los sentidos y niveles. Si a lo anterior se consideran aspectos claves muy actuales como son: que el proceso formativo debe ser flexible en la educación superior, que hoy más que nunca se requiere de una gran resiliencia en estudiantes y profesores, de modelos educativos virtuales, mixtos e híbridos con mucha efectividad y de una alta adaptabilidad ante las circunstancias impuestas por la pandemia y su impacto en la economía y en la sociedad, cualquier esfuerzo por la mejora continua debe ser bienvenido.

Se conoce que los estudiantes que ingresan a las diferentes instituciones universitarias del país adolecen de habilidades básicas académicas que les impiden tener un buen desempeño en su educación profesional, lo que aunado a problemas actitudinales y motivacionales que en su conjunto provocan una alta deserción escolar y un bajo índice de aprobación, sin embargo, hoy más que nunca, se necesita que los estudiantes de ingeniería sean líderes en la transformación de su entorno, posean una estrecha vinculación como estrategia de formación y cultiven la innovación y su creatividad.

Por todo lo expresado, interrogantes como: ¿cuáles son las carencias específicas de sus competencias básicas?, ¿qué competencias adicionales se requieren desarrollar con mayor prioridad?, ¿qué materias necesitan ser potenciadas?, ¿qué estrategias deben

ponerse en práctica para mejorar?, etc.; resultan ser interesantes y más aún, importantes de responder de inmediato, en aras de transmitir experiencias de innovación educativa en la formación de ingenieros tomando en consideración la nueva realidad del mundo.

Se conoce de diversos trabajos que abordan la temática, pero sin dudas el análisis que se presenta en este trabajo resulta ser otra contribución que puede aportar para mejorar continuamente nuestro quehacer pedagógico.

### **Sobre la formación de competencias.**

La formación profesional de que es objeto el ser humano que participa en el proceso educativo de México, busca desarrollarlo como un actor ético, asertivo y exitoso en su campo de acción, con una clara identidad organizacional, nacional y compromiso social, así como en una persona íntegra en constante búsqueda de su autorrealización. En consecuencia, una de las finalidades fundamentales es la formación integral, de modo que la educación se concibe como un proceso continuo de desarrollo de todas las potencialidades del ser humano, que lo orienta hacia la búsqueda de su plenitud en el aprender a ser, a hacer, a aprender, a emprender y a convivir, lo cual lo convierte en un ciudadano y un profesionista consciente, responsable y solidario [5].

Las carencias de competencias de los estudiantes de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en su formación son conocidas por varios de los profesores del área, pero precisar hasta qué punto son ciertas en un porcentaje elevado, requiere de un análisis minucioso en la que incluso participen agentes externos que trabajen con los estudiantes que egresan e incluso compartan vivencias con los profesionistas que emanan de nuestras aulas y por supuesto, la posterior caracterización y propuesta de acciones tendientes a subsanarlas. Algunas acciones han sido emprendidas en aras de ir las eliminándolas, sin embargo, su efectividad aún no es suficiente y la realidad demanda medidas más serias.

Entre tales acciones una práctica ya realizada ha sido convocar masivamente a los estudiantes de primer año a cursos de nivelación, organizar actividades académicas recreativas como encuentros de conocimientos e incluso elaborar materiales didácticos de algunas áreas de conocimiento, en tanto “para lograr incorporar crítica y creativamente el enfoque de competencias, más que una perspectiva compleja y comunicativa que desde una línea técnico instrumental es indispensable un proceso permanente y progresivo de transformación docente que cambie paulatina pero profundamente los significados de los educadores” [2].

El sentir de las autoras coincide en que tales acciones si bien han aportado a la mejora, no han logrado tener el impacto que se requiere, lo cual se ha evidenciado más en los tiempos actuales, donde la educación presencial ha pasado a ser prácticamente virtual y la carga psicológica que poseen estudiantes y profesores por razones obvias, son factores que lejos de ayudar acrecientan tanto el aprendizaje de competencias generales ya de por sí deficientes, como de medios e instrumentos de aprendizajes efectivos, que contribuyan a la erradicación de problemas en la formación integral de los estudiantes.

A lo cual debe sumarse que “primero debe existir una concientización personal de las carencias propias, para que cualquier medida o práctica pedagógica que se ponga en práctica, cuente con el estudiante como actor activo de su propia transformación” [3].

“Ingresar a la formación por competencias y créditos académicos, es un reto que invita a redimensionar la educación en sus diferentes ámbitos: en la gestión curricular que requiere de nuevas alternativas en el diseño de planes de estudio desde una perspectiva integradora, la práctica pedagógica requiere de una transformación y renovación del pensamiento de docentes y de estudiantes en cuanto a su actuación en el proceso de enseñanza aprendizaje, así como de nuevas estrategias didácticas que favorezcan el desarrollo de las dimensiones básicas de la competencia: dimensión socio-afectiva, dimensión cognitiva y dimensión actuacional” [4].

Por otro lado, hay dos aspectos más a considerar a la hora de estructurar cualquier estrategia tendiente a mejorar las habilidades básicas de todo estudiante y son:

- a) La capacidad de transmitir intereses y crear retos (pasión por el conocimiento) es otro rasgo del docente y la cualidad necesaria de éste de respetar, en la medida que la estructura y contenidos de la materia lo permiten, los intereses y cualidades personales de los alumnos [4].
- b) El célebre psicólogo Gardner expresó que los seres humanos poseen una gama de capacidades y potenciales – inteligencias múltiples – que se pueden emplear de muchas maneras productivas, tanto juntas como por separado. Y que el conocimiento de las múltiples inteligencias ofrece la posibilidad de poder desplegar con la máxima flexibilidad y eficacia el desempeño de las distintas funciones sociales.

“Preguntarse por el hombre es preguntarse por la educación, la forma en que se desea indagar es a partir de la experiencia del conocimiento humano, donde las interrogantes epistemológicas brotan del ejercicio del conocer, que es la experiencia más inmediata o que está más explícita en el proceso de desarrollo de todo sujeto cognoscente” [2].

“La búsqueda de las exigencias e implicaciones epistemológicas de una teoría curricular centrada en el sujeto parte de la propia experiencia, pero pretende trascenderla, pretende poner en diálogo intersubjetivo las experiencias de los sujetos de la educación, profesor y estudiantes, a partir de las preguntas existenciales que se han hecho de su trabajo en la escuela, analizar sus presupuestos epistemológicos clarificados mediante investigaciones teórico- curriculares” [2].

Partiendo de tales premisas, se realizó un trabajo de búsqueda de información precisa, que proveniente de diversas fuentes permitiera hacer un análisis amplio y matizado de criterios múltiples.

### Información obtenida de la realidad educativa.

El trabajo comienza con la búsqueda de información veraz sobre las carencias más importantes de los estudiantes del área y para ello las fuentes de obtención de información fueron básicamente: encuestas a profesores con experiencia pedagógica probada, considerando su magisterio y las vivencias que tienen de atender residentes en los últimos semestres; el Grupo de Interés (representantes de empresas tales como: BeekerCo, XalDigital, Fundación CESIAN AC, Softiux, Centro Ciencias Genómicas, CBTIS 136, Inst. Nacional de Electricidad y Energías Limpias, etc.) del Programa de Estudio y la opinión emitida por los egresados más recientes de la carrera, obteniéndose la información que se describe en la Tabla 1.

**Tabla 1: Competencias deficientes (Rango considerado de 1-5)**

No	Competencias	Opinión del Grupo de interés	Opinión de profesores encuestados*	Promedio
1	Laboral	4	4	4
2	Expresión escrita	4	2	3
3	Seguridad personal	4	3	3.5
4	Expresión oral	4	2	3
5	Gestión de proyectos	4	2	3
6	Capacidad de negociación	4	3	3.5
7	Liderazgo y toma de decisiones	4	2	3
8	Responsabilidad ética y social	4	3	3.5
9	Domínio de idioma inglés	3	3	3

Aun cuando será comentada la Tabla 1 en resultados, debe destacarse que se recogen sólo las competencias carentes más representativas en la actualidad, lo que no significa que alguna otra y dependiendo de los casos a considerar, no estén presentes otras dificultades.

Por su parte, en la Tabla 2 se resumen las opiniones de los egresados, que no muestran carencias específicas, pero si mencionan peculiaridades del proceso de enseñanza/aprendizaje que pueden influir decisivamente en los resultados que se están obteniendo en los egresados.

**Tabla 2: Resultados del seguimiento de egresados 2020.**

Conceptos	Muy bien	Bien	Regular	Mala
Calidad de los docentes	62%	33%	5%	0%
Calidad del Programa de Estudio	57%	29%	14%	0%
Oportunidades de hacer investigación en la carrera	53%	31%	14%	2%
Énfasis en investigación en la carrera	3%	61%	34%	2%
Experiencia adquirida en la residencia	72%	23%	5%	0%
Relación del trabajo con su formación	62%	24%	14%	0%
Desempeño profesional	55%	38%	7%	0%
Formación académica	46%	42%	12%	0%

Como una consecuencia de las condiciones predominantes actualmente que van desde aspectos económicos hasta dificultades generales en el mercado laboral y por supuesto los atributos o virtudes de los jóvenes que egresan de la carrera, la ocupación laboral de los egresados del área del último año se ilustra en la tabla 3.

**Tabla 3 Distribución ocupacional de los egresados actualmente**

<b>Puestos que desempeñan</b>	<b>Trabajan</b>	<b>No trabajan</b>
<b>Técnico</b>	118	
<b>Supervisor/jefe</b>	28	
<b>Funcionario</b>	4	
<b>Empresario</b>	2	
<b>Total</b>	152 (71%)	63 (29%)

Finalmente se desea expresar que, las recomendaciones más significativas que manifiestan dichos egresados son:

- 1.- Se necesita un enfoque mayor a prácticas laborales en el programa de estudio.
- 2.- Sería importante agregar temas nuevos al Programa de Estudio que ayuden a la solución de conflictos en general.
- 3.- Se recomienda la actualización del programa de estudio con tecnologías de amplio uso en la empresa.

## **Resultados y Discusión.**

Partiendo de que “el problema del conocimiento además de exigir la revisión de su naturaleza, su especificidad y su relación con el aprendizaje, nos exige profundidad en su finalidad, en su aspecto teológico, es decir, en su problemática más de fondo que es la existencia misma del sujeto quien conoce” [2] y considerando la información resumida con anterioridad, evidentemente se puede aseverar que:

- Un problema muy serio que poseen los estudiantes desde su entrada a la educación tecnológica es su incapacidad para expresarse en forma oral y escrita y aunque estas competencias deben ser trabajadas en la mayoría de las materias de la malla curricular, la realidad demuestra que se mantienen y en ocasiones se acrecientan con el uso de las tecnologías computacionales que no ayudan en ello.
- Existen un conjunto de competencias relacionadas con el ámbito laboral porque es ahí donde se ponen de manifiesto, que no es estimulan debidamente a lo largo del transitar del estudiante por el programa de estudio, tal es el caso de: competencia laboral, gestión de proyectos y capacidad de negociación. Sin embargo, existen materias muy específicas que según las autoras pudieran coadyuvar de manera importante si se lo propusieran como es el caso de: taller de administración, contabilidad financiera, cultura empresarial y gestión de proyectos de software.
- Llama la atención los problemas de responsabilidad ética y moral, en tanto existe en la malla curricular una materia específica que se enfoca a dicha área, Taller de Ética, lo cual demuestra que, o no se le está dando un enfoque correcto o las

estrategias y métodos que se ponen en práctica en la misma no están desarrollando debidamente los valores éticos y sociales de los estudiantes.

- Particular atención se desea destinar a las materias: Fundamentos de investigación, Taller de investigación I y Taller de investigación II, por cuanto no están aportando lo que pudieran. Esa trilogía está enfocada a ir llevando al estudiante, paso a paso, por ese mundo del hacer en materia de proyectos de trabajo, ya sean de investigación o sencillamente de diseño de sistemas computacionales o empresariales. Si se dan con seriedad y responsabilidad y el estudiante las recibe como tales, cada materia como una continuidad de la otra, indudablemente que ellas deberán prepara al futuro profesionista para realizar su trabajo cotidiano con cierta soltura desde el comienzo, sin embargo, no se está aprovechando, tanto así, como que los residentes demuestran no tener habilidades sólidas previas para acometer sus proyectos de trabajo con liderazgo y facilidad en la toma de decisiones.
- El no dominio del idioma inglés, lo cual en la práctica no se considera en el programa de estudio incide decisivamente en la vida posterior del profesionista, lo cual comienza a padecerlo desde su residencia profesional, entre otras cosas para su actualización con publicaciones escritas en la lengua inglesa. No existe materia que apoye ese aprendizaje y en paralelo este conocimiento no se está adquiriendo con la intensidad que la vida contemporánea lo exige.
- Finalmente, y no por ello menos importante, es fundamental destacar que los estudiantes son el reflejo de sus profesores y si perduran deficiencias como las enumeradas, en alguna poca o mucha medida, está presente la responsabilidad del formador en ellas.

## **Conclusiones.**

Considerando los resultados puntualizados, se concluye que:

- Se requiere hacer énfasis y trabajar para desarrollar la capacidad para expresarse en forma oral y escrita de los estudiantes en todas las materias de la malla curricular.
- Las materias Taller de administración, Contabilidad financiera, Cultura empresarial y Gestión de proyectos de software deben aplicar estrategias que estimulen la Competencia laboral, Gestión de proyectos y capacidad de negociación.
- La materia Taller de Ética debe cambiar su enfoque o las estrategias y métodos que se emplean para estimular verdaderamente los valores éticos y sociales de los estudiantes.
- Las materias: Fundamentos de investigación, Taller de investigación I y Taller de investigación II, deben impartirse como una continuidad y trabajarse para que aporten para lo que fueron creadas: llevar al estudiante, paso a paso, por el mundo



del hacer en materia de proyectos de trabajo, fortaleciendo sus habilidades de liderazgo y facilidad en la toma de decisiones.

- Es un reclamo la inclusión, como parte del Programa de Estudio de al menos una materia que estimule el aprendizaje del idioma inglés.
- Se requiere aumentar la responsabilidad de nuestros docentes para ser verdaderos ejemplos ante los estudiantes, como formadores de las próximas generaciones de ingenieros del país.

### **Agradecimientos.**

Se desea agradecer el apoyo dado por las autoridades institucionales para la realización de la experiencia pedagógica, en especial al Dpto. de Sistemas Computacionales, que nos brindó la oportunidad de obtener la mayoría de la valiosa información que nos permitió hacer el análisis mostrado.

### **Referencias.**

1. L. Frade Rubio en *Desarrollo de Competencias en educación: desde preescolar hasta bachillerato*, ED. Inteligencia Educativa, México, 2009.
2. J. A. Garcia Fraile; M. López Clava; N.M. López Rodríguez; A. Aguilar Álvarez en *Gestión curricular por competencias en el Educación Media y Superior*, ED. GAFRA, México, 2012.
3. N.M. López Rodríguez; J. A. García Fraile en *¿Qué son las competencias en la educación?*; ED. GAFRA, México, 2012.
4. N.M. López Rodríguez; J. A. García Fraile en *El proyecto integrador*, ED. GAFRA, México, 2012.
5. TNM; Modelo Educativo del Siglo XXI, México, 2004.

### **Autorización y renuncia.**

*Las autoras del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA, DEL ITZ.

**D. Ochoa-Vásquez<sup>1</sup>, F. Espín-González<sup>1</sup>, L. E. Rueda-Mata<sup>1</sup> y E. López-Durán<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec- [deyanira.ov@zacatepec.tecnm.mx](mailto:deyanira.ov@zacatepec.tecnm.mx) , [faustino.eg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:faustino.eg@zacatepec.tecnm.mx), [laura.rm@zacatepec.tecnm.mx](mailto:laura.rm@zacatepec.tecnm.mx) <sup>2</sup>Departamento de Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [enrique.ld@zacatepec.tecnm.mx](mailto:enrique.ld@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** RETOS Y PERSPECTIVAS EN LA APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

**Resumen:** El presente artículo se refiere a la identificación de los enfoques de aprendizaje más utilizados en una muestra de estudiantes del Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), de las carreras de Ingeniería Química y Bioquímica, mediante un cuestionario desarrollado por John Biggs, cuyo objetivo es determinar las actitudes que tienen los estudiantes hacia el estudio y su forma habitual de estudiar las asignaturas del currículo, con el propósito de determinar las áreas de oportunidad y apoyar a los estudiantes a mejorar sus estrategias de aprendizaje, desde el inicio de su carrera profesional, es decir, desde las Ciencias Básicas.

### Introducción.

La enseñanza de las Ciencias Básicas requiere de una transformación en la Ingeniería, de manera que el profesor tome conciencia de que su función es crear las posibilidades para que el estudiante produzca y construya el conocimiento, esto se logra desarrollando métodos y estrategias de aprendizaje que le permitan ver las posibilidades de aplicación de las ciencias básicas en la vida.

Por lo anterior, es importante conocer la forma en como aprenden los estudiantes, su compromiso e interés, su planificación y organización, o su indiferencia y desinterés, se relacionan con las estrategias de aprendizaje que utilizan para cada una de las asignaturas del currículo. Siendo la estrategia un elemento fundamental del currículo, que el estudiante tiene de acuerdo a su formación académica y sus conocimientos previos; el aprendizaje es la actividad mental que el estudiante construye de forma voluntaria. Bernardo (2007) dice que los estudiantes que usan estrategias de aprendizaje son los que tienen más y mejor aprendizaje; por esta razón tienen un mejor aprendizaje significativo, lo que les permitirá en un futuro tener éxito en el mundo laboral, personal y académico. Las estrategias de aprendizaje son factores fundamentales del rendimiento académico, por lo que se deben identificar, reforzar y enseñar, para que los estudiantes sean mejores.

### Fundamento Teórico.

Según Carrasco (2004) las estrategias son: todos aquellos enfoques y modos de actuar que hacen que el profesor dirija con pericia el aprendizaje de los estudiantes. En el mismo sentido, estas se entienden como: el diseño de intervención en un proceso de enseñanza con sentido de optimización.

Algunos autores como Díaz Barriga (2002) indican que las estrategias de aprendizaje son: procedimientos (conjuntos de pasos, operaciones o habilidades) que un aprendiz emplea en forma consciente, controlada e intencional como instrumentos flexibles para aprender significativamente y solucionar problemas. En el mismo sentido para Monereo y Castelló (1997) son: un proceso consciente de toma de decisiones sobre los procedimientos disciplinares que se necesitan para resolver una tarea.

Las teorías sobre las estrategias de aprendizaje coinciden en la necesidad de identificarlas y organizar la enseñanza teniendo en cuenta esta información. Por lo que el profesor debe conocerlas y considerarlas cuando las diseñe para el desarrollo de las competencias de cada una de sus asignaturas, recordando que una estrategia de aprendizaje es diseñada por el profesor y empleada por el estudiante. Su aplicación es controlada y no automática, esto implica que el estudiante debe ser consciente de ello; por lo tanto, precisa que éste reflexione sobre como emplearlas; así como, saber seleccionar la más adecuada según el contexto en el que se encuentre (Díaz Barriga, 2002).

Ahora este proceso del saber qué, cómo y porqué seleccionar una estrategia de aprendizaje, está relacionado con el desarrollo de habilidades meta cognitivas por parte del estudiante. Sin embargo, algunos de ellos pueden no ser conscientes de estos procesos; por lo tanto, es función del profesor hacer lo posible porque sus estudiantes sean conscientes de esto, solo trabajando meta cognitivamente, podrán lograr un aprendizaje eficaz (Carrasco, 2004).

### **La importancia de las estrategias de aprendizaje**

Es importante promocionar las estrategias de aprendizaje en el nivel superior, existen diversas investigaciones que muestran, que la mayoría de los estudiantes no utilizan estrategias adecuadas para lograr un aprendizaje significativo. El identificar las estrategias de aprendizaje que utilizan los estudiantes y la promoción de las que favorezcan el aprendizaje en las diferentes asignaturas, permitirá a los estudiantes que no las aplican utilizarlas para mejorar en su aprendizaje. Al respecto, el tema de las estrategias está íntimamente ligado al concepto de metacognición, que ninguna estrategia puede desplegarse sin un mínimo de planificación, control o evaluación. Por lo tanto, se debe enseñar estrategias de aprendizaje, porque permite al estudiante controlar y regular su proceso de aprendizaje, permitiendo su capacidad de aprendizaje autónomo.

Por lo que, en el nivel superior se deben promocionar las estrategias de aprendizaje, que permitan al estudiante aprender significativamente, enseñando las estrategias a través de cada asignatura del currículo, tomando en cuenta la existencia de estrategias generales o ejes procedimentales. Además, las habilidades y estrategias que se enseñan al margen de las asignaturas difícilmente se transfieren a éstas (Monereo, 2000). Por lo tanto, se debe generar una cultura de estrategias de aprendizaje, como elemento que contribuya a elevar el nivel académico, mejorar el autoconcepto y desarrollar la metacognición.

### **Enfoques de aprendizaje: Modelo de Biggs.**

Biggs (1998), retoma, dos tipos de enfoques principales, que denomina enfoque profundo (procesamiento dirigido a comprender el significado del material que debe aprenderse) y enfoque superficial (procesamiento orientado al aprendizaje del texto en sí mismo, mediante estrategias memorísticas). Añadiendo, aspectos motivacionales y estratégicos; considerando que el enfoque profundo, corresponde a los estudiantes que manifiestan una elevada motivación intrínseca y un alto nivel de implicación en relación con lo que están aprendiendo y el enfoque superficial, describe a los estudiantes que tienden a cumplir con los requisitos mínimos para aprobar la evaluación.

Para Biggs (1987) el mayor aprendizaje se da cuando prevalece el enfoque profundo sobre el superficial, y asevera que la presencia acentuada de un enfoque u otro depende de una serie de acciones específicas que contemplan la relación docente-estudiante. Por lo tanto, el profesor puede estimular el enfoque profundo en sus estudiantes, implementando una estrategia de enseñanza basada en problemas (ABP), de tal forma que estimule la participación activa de sus estudiantes en la resolución de problemas.

### **Cuestionario del Modelo de Biggs.**

Para la investigación se consideró el cuestionario propuesto por Biggs al que se le incluyeron los datos de: sexo, edad, carrera y semestre.

El cuestionario presenta una serie de cuestiones que tienen que ver con las actitudes hacia el estudio y con la forma habitual de estudiar de los estudiantes. Considerando que no hay una única manera correcta de estudiar. Depende más bien de lo que se adapta a su propio estilo y a la signatura que está estudiando.

Se pide al estudiante que conteste las preguntas lo más sinceramente posible.

Si cree que la respuesta a una pregunta depende de lo que se trate de estudiar, entonces responda como si se tratara de la asignatura o asignaturas más importantes para él.

Se pide, señalar la respuesta que mejor se identifique con la siguiente clave:

- A. *Nunca o casi nunca* es verdad en mi caso.
- B. Esta afirmación es cierta *en la mitad de las ocasiones*.
- C. *Con frecuencia* es cierto en mi caso.
- D. *Siempre o casi siempre* es verdad.

Se le solicita al estudiante elegir la respuesta más apropiada para cada pregunta, señalando la respuesta que mejor refleje su primera reacción, no emplear mucho tiempo con cada pregunta. Además de que responda a todas las preguntas, indicándoles que sus respuestas son confidenciales.

El cuestionario consta de 20 preguntas, que están distribuidas de la siguiente forma:

Motivos profundos (interés propio por el aprendizaje) = 1+5+9+13+17

Motivos superficiales (sin compromiso y con miedo al fracaso) = 3+7+11+15+19

Estrategias profundas (búsqueda de la máxima comprensión) = 2+6+10+14+18

Estrategia superficial (aprendizaje memorístico) = 4+8+12+16+20

Enfoque Profundo= 1+2+5+6+9+10+13+14+17+18

Enfoque Superficial= 3+4+7+8+11+12+15+16+19+20

Para saber el puntaje y el resultado, se realiza la suma del número de las opciones marcadas en cada una de las preguntas. Los puntajes mayores serán el enfoque, motivación y estrategia que utiliza durante su aprendizaje.

### **Preguntas para la estrategia profunda**

Para la búsqueda de la máxima comprensión, se evalúan las siguientes preguntas:

2. Al elaborar o estudiar un tema, no me encuentro satisfecho hasta que me he formado mis propias conclusiones sobre él.
6. Encuentro interesantes la mayoría de los nuevos temas y empleo tiempo extra intentando obtener mayor información sobre ellos.
10. Me hago preguntas a mí mismo sobre los temas importantes hasta que los comprendo totalmente
14. Empleo bastante de mi tiempo libre en buscar más información sobre temas interesantes que se han discutido en las diferentes clases.
18. Es muy importante para mí echar un vistazo a la mayoría de las lecturas recomendadas que tienen que ver con las clases.

### **Preguntas para la estrategia superficial**

Para el aprendizaje memorístico, se evalúan las siguientes preguntas:

4. Sólo estudio seriamente lo que se da en las clases o lo que está en los programas detallados de las asignaturas.
8. Aprendo las cosas repitiéndolas hasta que me las sé de memoria incluso aunque no las comprenda.
12. Generalmente limito mi estudio a lo que está específicamente ordenado, porque creo que es innecesario hacer cosas extra
16. Creo que los profesores no deberían esperar que los estudiantes dedicaran mucho tiempo a estudiar cosas que no van a venir en la evaluación
20. Me parece que la mejor manera de pasar las evaluaciones es recordar las respuestas de las posibles preguntas.

### **Resultados y Discusión.**

Los resultados de la investigación se muestran a continuación, considerando los fundamentos teóricos. Se discuten los resultados principalmente que se obtienen de las estrategias profundas y superficiales, considerando solo una muestra de los 250 estudiantes encuestados.

En forma general encontramos que los estudiantes tienden a un aprendizaje profundo, pero no cuentan con las estrategias adecuadas para lograr tener éxito en sus estudios, a continuación, se muestran los resultados, considerando solo las estrategias de aprendizaje.

En la Tabla 1, se muestran los resultados de un grupo de 24 estudiantes, se identifica a los estudiantes como: E-1, E-2, etc, de acuerdo a la teoría para determinar el tipo de estrategia se deben sumar los resultados de las preguntas, 4+8+12+16+20 y 2+6+10+14+18, comparar los resultados y el que nos dé un valor numérico mayor será la estrategia más utilizada por los estudiantes.

Por ejemplo, el E-21 en la pregunta 4 que corresponde a estudiar solo lo que se da en clase o lo que está en los programas contesta que “frecuentemente”, lo que le da un valor de 4 puntos, en la pregunta 8, que es el aprendizaje de cosas repitiendo hasta que aprende aunque no las comprenda, contesta que “a veces” lo que tiene un valor de 2 puntos, en la pregunta 12, correspondiente a limitarse a estudiar lo que está ordenado porque considera innecesario hacer cosas extras, contesta que “a veces” lo que da un valor de 2 puntos, en la pregunta 16, contesta “nunca”, que corresponde no estudiar cosas que no deberían venir en la evaluación, lo que da un valor de 1, en la pregunta 20, correspondiente a la mejor manera de pasar la evaluación es recordar las respuestas de las posibles preguntas, contesta que “frecuentemente” lo que da un puntaje de 4, la suma nos da en total 13 puntos.

**Tabla 1.** Estrategia superficial (aprendizaje memorístico)

Preguntas	4	8	12	16	20	Total
<b>Estudiante</b>						
E-1	3	3	1	2	2	11
E-2	4	1	3	1	1	10
E-3	3	1	3	1	1	9
E-4	3	3	2	2	2	12
E-5	4	2	4	1	2	13
E-6	4	2	4	1	2	13
E-7	4	1	2	1	2	10
E-8	4	4	2	4	4	18
E-9	4	1	3	2	2	12
E-10	4	2	2	2	4	14
E-11	4	1	3	2	4	14
E-12	3	2	2	1	2	10
E-13	2	2	2	1	1	8
E-14	4	1	1	1	1	8
E-15	4	1	1	1	1	8
E-16	3	2	2	1	2	10
E-17	4	2	2	2	1	11
E-18	5	2	2	2	2	13
E-19	3	1	1	1	2	8
E-20	4	2	4	3	2	15
<b>E-21</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>13</b>
E-22	3	2	4	3	1	13



E-23	1	3	1	1	2	8
E-24	1	1	1	4	1	8

En la Figura 1, se muestra en la parte de arriba de las barras el total de puntos obtenidos, por lo que se observa que los estudiantes tienen una mayor tendencia a utilizar estrategias superficiales.

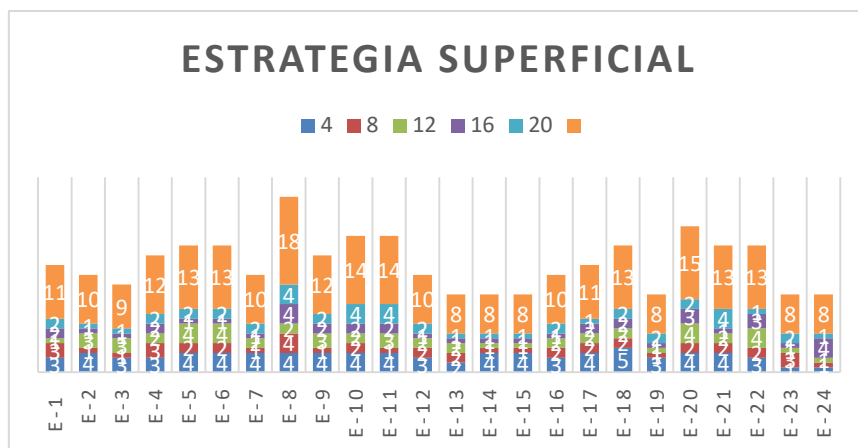


Figura 1. Estrategia superficial

En la Tabla 2, se muestran los resultados del grupo de 24 estudiantes, de acuerdo a la teoría para determinar el tipo de estrategia se deben sumar los resultados de las preguntas, 2+6+10+14+18.

Por ejemplo, el E-21 en la pregunta 2 que corresponde a elaborar o estudiar un tema, no me encuentro satisfecho hasta que me he formado mis propias conclusiones sobre él, contesta que “frecuentemente”, lo que le da un valor de 4 puntos, en la pregunta 6, que es el encontrar interesantes la mayoría de los nuevos temas y emplear tiempo extra intentando obtener mayor información sobre ellos, contesta que “a veces” lo que tiene un valor de 2 puntos, en la pregunta 10, correspondiente a hacerse preguntas a sí mismo sobre los temas importantes hasta que los comprenda totalmente, contesta que “nunca” lo que da un valor de 1 punto, en la pregunta 14, contesta “a veces”, que corresponde a emplear bastante de su tiempo libre en buscar más información sobre temas interesantes que se han discutido en las diferentes clases, lo que da un valor de 2, en la pregunta 18, correspondiente a que es muy importante echar un vistazo a la mayoría de las lecturas recomendadas que tienen que ver con las clases, contesta que “la mitad de las veces” lo que da un puntaje de 3, la suma nos da en total 11 puntos.

Tabla 2. Estrategia profunda (búsqueda de la máxima comprensión.

Preguntas	2	6	10	14	18	Total
Estudiante						
E-1	2	2	4	2	3	13
E-2	5	3	5	4	3	20
E-3	2	3	4	2	2	13
E-4	4	3	3	3	3	16
E-5	5	2	4	4	4	19

E-6	3	4	4	3	2	16
E-7	4	2	3	1	3	13
E-8	4	3	4	3	4	18
E-9	4	4	4	4	4	20
E-10	3	4	3	4	4	18
E-11	4	2	4	2	4	16
E-12	3	2	3	2	3	13
E-13	3	4	2	2	5	16
E-14	4	5	4	3	5	21
E-15	3	2	3	1	4	13
E-16	4	4	5	5	4	22
E-17	3	3	3	1	2	12
E-18	4	3	3	4	2	16
E-19	4	2	5	3	4	18
E-20	5	3	4	3	4	19
E-21	4	2	1	2	2	11
E-22	1	3	1	1	3	9
E-23	5	3	4	3	4	19
E-24	3	4	3	2	2	14

En la Figura 2, se muestra en la parte de arriba de las barras el total de puntos obtenidos, por lo que se observa que son pocos los estudiantes que tienen una tendencia a utilizar estrategias profundas, específicamente de acuerdo a la teoría son solo tres estudiantes que tienen un puntaje mayor de 19 puntos.

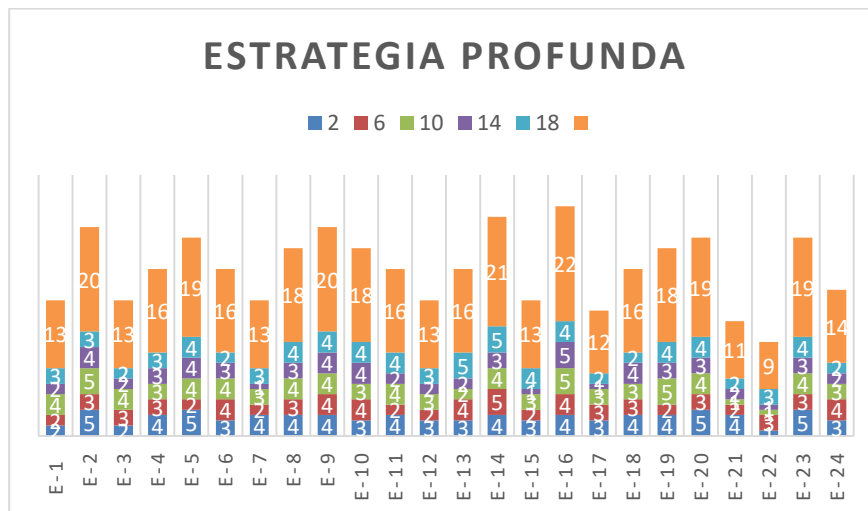


Figura 2. Estrategia profunda.

Por lo que, los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes no cuenta con estrategias profundas que le permitan la búsqueda de la máxima comprensión.

### **Conclusiones.**

La información provista por el cuestionario se vuelve útil para todos aquellos que están inmersos en el proceso educativo, principalmente para los estudiantes y profesores. Permite, detectar desde el inicio las dificultades que pueden presentar los estudiantes durante su proceso de aprendizaje en un contexto académico determinado. Dando la oportunidad de diseñar e implementar una serie de actividades pedagógicas cuidadosamente planificadas centradas en el estudiante y sus estrategias de aprendizaje, teniendo como finalidad acceder a aprendizajes más fluidos y de mejor calidad. De tal forma que se maximicen las oportunidades de que los estudiantes empleen un enfoque profundo y minimizar el uso de un enfoque superficial.

### **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. Bernardo, J. (2007). Estrategias de aprendizaje: Para aprender más y mejor. Madrid: Rialp S. A.
2. Biggs, J. B. (1987). Student approaches to learning and studying. Melbourne: Australian Council for Educational Research.
3. Biggs, J. B. (1988). Assessing study approaches to learning. Australian Psychologist, 23, 197-206. doi: 10.1080/00050068808255604
4. Carrasco, J.(2004).Estrategias de aprendizaje para aprender más y mejor. Madrid: Ediciones Rialp.
5. Díaz Barriga, F. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. México: McGraw-Hill
6. García Hoz, V. (1996). La educación personalizada en la Universidad. Ediciones Rialp.
7. Monereo, C. y Castelló, M. (1997). *Las estrategias de aprendizaje. Cómo incorporarlas a la práctica educativa*. Barcelona: Edebé.
8. Monereo, C. (2000). Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Barcelona: Graó.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE UN SISTEMA TARIFARIO DE AGUA POTABLE

V. Gama Nájera<sup>1</sup>, V. Y. Atala Campos<sup>1</sup>, G. Gómez Ortíz<sup>1</sup>, L. E. Marín Vaca<sup>1</sup>, R. E. Nuñez Gómez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[veronica.gn@zacatepec.tecnm.mx](mailto:veronica.gn@zacatepec.tecnm.mx), [victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx](mailto:victoria.ac@zacatepec.tecnm.mx),  
[guadalupe.go@zacatepec.tecnm.mx](mailto:guadalupe.go@zacatepec.tecnm.mx), [elva.mv@zacatepec.tecnm.mx](mailto:elva.mv@zacatepec.tecnm.mx).

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-  
[romeo.ng@zacatepec.tecnm.mx](mailto:romeo.ng@zacatepec.tecnm.mx)

Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos

**Área de participación:** ESTADÍSTICA Y TOMA DE DECISIONES

**Resumen:** Este trabajo muestra el estudio del análisis de sensibilidad de un sistema tarifario a partir de la comparación de un modelo de programación lineal, el cual consiste en estudiar el comportamiento en el cambio en las variables, y permite representar las cuotas reales para el año 2020 del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Jojutla (SAPSJ), en el estado de Morelos. Este estudio pretende demostrar la autosuficiencia económica del sistema por la prestación del servicio a través de las diferentes tarifas de las localidades en estudio, con un modelo matemático para el análisis de sensibilidad que demuestre la recuperación de los costos de operación anual, a través del cobro de las cuotas por las actividades que se generan desde la extracción hasta el saneamiento del agua, utilizando para la solución el software WINQSB.

Se concluye que a medida que se van incrementando la toma de agua potable es necesario ir realizando ajustes en los costos tarifarios, para garantizar la eficiencia del sistema y tener las bases para la toma de decisiones en temas de inversión.

### Introducción.

Un modelo es la abstracción o una representación idealizada de un sistema de la vida real (Herbet & Gordon, 1982). Sin embargo existen diferentes tipos de modelos; los modelos matemáticos como la programación lineal permiten dar una solución óptima a un conjunto de ecuaciones lineales.

El análisis de sensibilidad es muy útil en la programación lineal, consiste en estudiar los cambios que sufre la función objetivo ante modificaciones en cualesquiera de los parámetros del problema, como pueden ser las constantes de las restricciones, los coeficientes de las variables en las ecuaciones de las restricciones, las contribuciones de las variables en la función objetivo, adición de nuevas restricciones, nuevas variables, etcétera. (Izar, 2008).

Todo esto es de gran importancia ya que en los problemas reales las condiciones suelen cambiar, debido a que muchas veces los datos que se manejan son solo pronósticos futuros de la situación esperada, las cuales están sujetos a variaciones e imprevistos que siempre están presentes, en este mundo constante.

Por medio del análisis de sensibilidad es posible evaluar cambios, sin tener que repetir todo el problema para dar solución, lo que representa un ahorro considerable de cálculos en el procedimiento del método simplex.

## Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para la realización del análisis de sensibilidad fue necesario seguir los pasos de la metodología que se presenta a continuación:

A. Identificación de las localidades en estudio; las localidades que actualmente atiende el SAPSJ son las siguientes:

- |                               |                     |                    |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1. Chisco.                    | 6. Independencia.   | 11. Altavista      |
| 2. Pedro Amaro.               | 7. Ricardo soto     | 12. Arenal         |
| 3. Tehuixtla.                 | 8. Venados I y II.  | 13. Jojutla Centro |
| 4. Vicente Aranda.            | 9. Santa María      |                    |
| 5. José María Morelos y Pavón | 10. Lázaro Cárdenas |                    |

En la Figura.1 se muestra la ubicación geográfica de las localidades, en las que el Sistema de Agua Potable y Saneamiento del municipio de Jojutla, Morelos presta sus servicios a los consumidores.



Figura 1. Ubicación de las localidades

B. Recolección de datos; se consideraron los datos recabados por el sistema del año 2019 en la tarificación e incremento del número de tomas y de costos.

C. Identificación del modelo; En esta etapa se reconocerá el modelo ya generado y se seleccionará de acuerdo a las variables, cualidades o propiedades, que se asemejen con las variables de interés del estudio.

Para definir las variables de la función objetivo se toma en cuenta cada una de las localidades que corresponden al municipio de Jojutla, y de acuerdo al nivel socioeconómico que permanezcan según datos del INEGI, se le otorga una puntuación y se determina a que clasificación corresponde: rural, popular, habitacional o residencial (ver figura 2).

RANGO	CLASIFICACIÓN
0-9	RURAL
10-18	POPULAR
19-27	HABITACIONAL
28-36	RESIDENCIAL

Figura 2. Clasificación del tipo de tarifa.

No.	Localidad	TOTAL	TIPO DE TARIFA
1	Altavista	8	Popular
2	Arenal	8	Popular
3	Chisco	8	Popular
4	Colonia Ampliación Santa María	8	Popular
5	Jojutla	13	Residencial
6	Lázaro Cárdenas	8	Popular
7	Pedro Amaro	10	Habitacional
8	Ricardo Soto	10	Habitacional
9	Tehuixtla	11	Habitacional
10	Unidad Habitacional Independencia	9	Habitacional
11	Unidad Habitacional José María Morelos y Pavón	11	Habitacional
12	Unidad Habitacional los Venados I y II	12	Habitacional
13	Vicente Aranda (San Rafael)	9	Habitacional

Figura 3. Total de ponderación y tipo de tarifa.

De acuerdo al total de la ponderación y al tipo de tarifa que pertenece (ver figura 3) El siguiente paso es definir las variables del modelo, representando a cada localidad con una letra y un número consecutivo, las cuales se denotaron como se muestran a continuación:

X1 = Tarifa anual a cobrar en Alta Vista por toma doméstica.

X2= Tarifa anual a cobrar en Arenal por toma doméstica.

X3= Tarifa anual a cobrar en Chisco por toma doméstica.

X4= Tarifa anual a cobrar en colonia Ampliación Santa María por toma doméstica.

X5= Tarifa anual a cobrar en Jojutla por toma doméstica.

X6= Tarifa anual a cobrar en Lázaro Cárdenas por toma doméstica.

X7= Tarifa anual a cobrar en Pedro Amaro por toma doméstica.

X8= Tarifa anual a cobrar en Ricardo Soto por toma doméstica.

X9= Tarifa anual a cobrar en Tehuixtla por toma doméstica.

X10= Tarifa anual a cobrar en Unidad Habitacional Independencia por toma doméstica.

X11= Tarifa anual a cobrar en Unidad Habitacional José María Morelos y Pavón por toma doméstica.

X12= Tarifa anual a cobrar en Unidad Habitacional Los Venados I y II AltaVista por toma doméstica.

X13= Tarifa anual a cobrar en Vicente Aranda por toma doméstica.

Una vez identificadas las variables del modelo, se estableció la función objetivo, la cual es maximizar, debido a que se busca cobrar el precio justo en las localidades con mejor nivel socioeconómico de la región y con mejores condiciones de abastecimiento y saneamiento de agua, respetando la ley de ingresos y el artículo 98 para el cobro del agua potable.

Las restricciones del modelo se refieren a las limitaciones que debe cumplir el modelo, la primera restricción del modelo propuesto se establece a partir del número de tomas de agua con desigualdad mayor o igual a los ingresos que se deben generar para cubrir todos los costos de operación necesarios durante un año. A partir de la segunda restricción, se considera la parte legal que el órgano administrador tiene que cumplir, es decir, debido a que es una limitación que establece el marco jurídico para el cobro del agua potable, se tomaron las condiciones que son establecidas por la ley federal del agua potable, el cual determina que el pago no puede ser menor a los costos establecidos de acuerdo al servicio que se otorgue y en los casos que no se cuente con aparato medidor.

En la figura 4 se muestra el modelo de programación lineal que se formuló para el establecimiento del sistema tarifario.



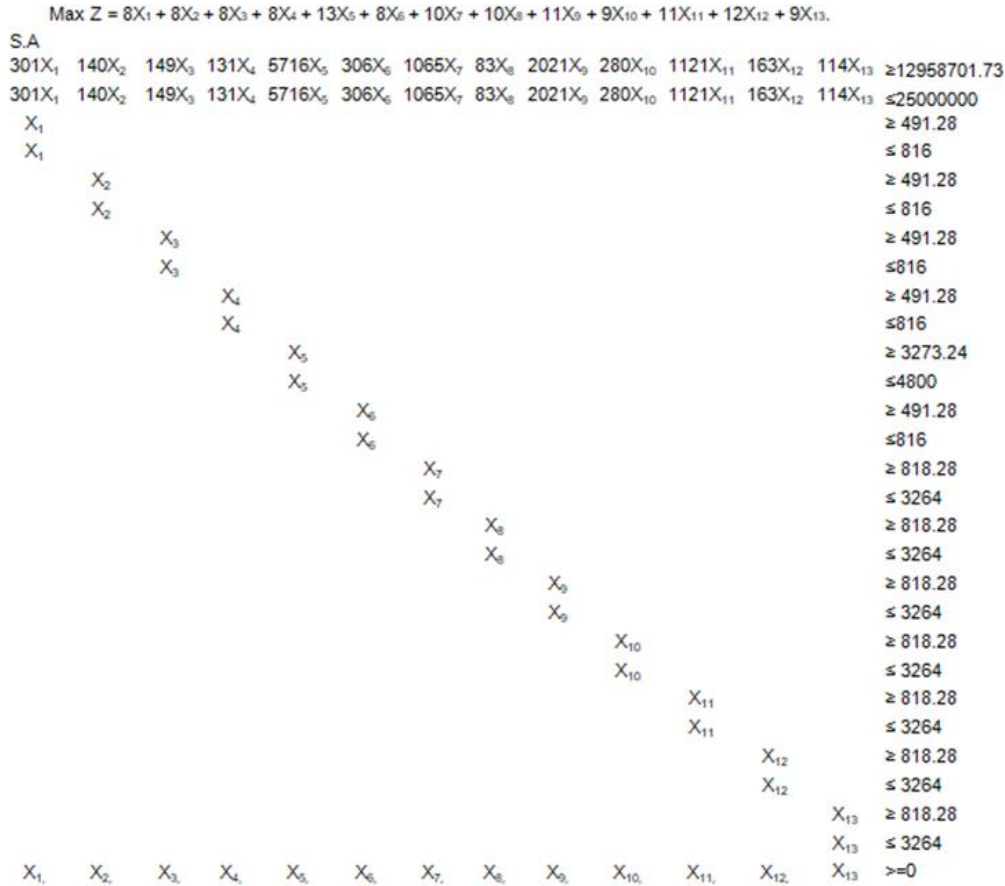


Figura 4. "Modelo del sistema tarifario"

Una vez generado el modelo los datos fueron introducidos en el software WIN QSB, la interpretación de los resultados arrojados se muestra en la tabla 1, el cual indica que para las localidades X1, X2, X3 y X4 la tarifa a pagar es de \$816.00, para el caso de X5 será de \$3273.24, para X6 será igual \$556.73, X7, X9, X11 el pago anual será de \$818.28 y X8, X10, X12 y X13 el pago será de \$3264.00 al año.

Tabla 1. Resultados del software

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c[j]	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c[j]	Allowable Max. c[j]
1	X1	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic	7.8693	M
2	X2	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic	3.6601	M
3	X3	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic	3.8954	M
4	X4	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic	3.4248	M
5	X5	3,273.2400	13.0000	42,552.1200	0	basic	-M	149.4379
6	X6	556.7325	8.0000	4,453.8600	0	basic	3.0027	8.1329
7	X7	818.2800	10.0000	8,182.8000	0	basic	-M	27.8431
8	X8	3,264.0000	10.0000	32,640.0000	0	basic	2.1699	M
9	X9	818.2800	11.0000	9,001.0800	0	basic	-M	52.8366
10	X10	3,264.0000	9.0000	29,376.0000	0	basic	7.3203	M
11	X11	818.2800	11.0000	9,001.0800	0	basic	-M	29.3072
12	X12	3,264.0000	12.0000	39,168.0000	0	basic	4.2614	M
13	X13	3,264.0000	9.0000	29,376.0000	0	basic	2.9804	M
	Objective	Function	{Max.} =	229,862.9000				



$$\begin{array}{rcl}
 & X_{11} & \geq 818.28 \\
 & X_{11} & \leq 3264 \\
 & X_{12} & \geq 818.28 \\
 & X_{12} & \leq 3264 \\
 & X_{13} & \geq 818.28 \\
 & X_{13} & \leq 3264 \\
 X_1, & X_2, & X_3, & X_4, & X_5, & X_6, & X_7, & X_8, & X_9, & X_{10}, & X_{11}, & X_{12}, & X_{13} & \geq 0
 \end{array}$$

Figura 5. Modelo programación lineal con cambios en los coeficientes

A partir del nuevo modelo generado se introducen los datos al software WIN QSB y los resultados arrojados muestran el cobro adecuado para las localidades en estudio y a la vez permiten seguir operando con un sistema de agua autosuficiente. En la tabla 2 se puede observar la interpretación del análisis de sensibilidad realizado, el cual indica el cobro de agua por toma anual en cada sitio del municipio de Jojutla, para las localidades X1, X2, X3, X4 y X6 la tarifa a pagar es de \$816.00, para el caso de X5 será de \$3273.24, para X9 es de \$2,164.76 y para X7, X8, X10, X11, X12 y X13 el pago anual será \$3264.00 al año.

Tabla 2. Resultados del software mediante un análisis de sensibilidad

08-05-2020 22:40:09	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic
2	X2	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic
3	X3	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic
4	X4	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic
5	X5	3,273.2400	13.0000	42,552.1200	0	basic
6	X6	816.0000	8.0000	6,528.0000	0	basic
7	X7	3,264.0000	10.0000	32,640.0000	0	basic
8	X8	3,264.0000	10.0000	32,640.0000	0	basic
9	X9	2,164.7620	11.0000	23,812.3800	0	basic
10	X10	3,264.0000	9.0000	29,376.0000	0	basic
11	X11	3,264.0000	11.0000	35,904.0000	0	basic
12	X12	3,264.0000	12.0000	39,168.0000	0	basic
13	X13	3,264.0000	9.0000	29,376.0000	0	basic
	Objective	Function	(Max.) =	298,108.5000		

Comparando los resultados de la tabla 1 con la tabla 2 se puede apreciar que en las variables X6, X7, X9 y X11 la contribución total aumenta, una vez aplicado el cambio en las constantes de las restricciones, dando mayor contribución la variable X1 en el año 2019 siendo de \$26,903.00, lo que justifica el análisis de sensibilidad en este modelo

matemático, y con esto se pretende que el sistema realice los ajustes necesarios en las localidades para el cobro del agua por toma.

### **Conclusiones.**

En general, los modelos matemáticos facilitan el análisis en los costos cuando la cantidad de variables es densa, ya que determinan el costo óptimo. El análisis de sensibilidad en la programación lineal es de gran ayuda ante los cambios constantes que se generan en los parámetros del sistema.

Al realizar el análisis de sensibilidad en el incremento de las tomas de agua por localidad en el municipio de Jojutla, Morelos, se observa que para garantizar la autosuficiencia del sistema es necesario realizar ajustes anuales de las tarifas en las localidades en estudio.

Al observar el comportamiento de las variables que cambian en algunas localidades como Lázaro Cárdenas, Pedro Amaro, Tehuixtla, Unidad Habitacional José María Morelos y Pavón, garantizan la autosuficiencia del sistema es necesario realizar ajustes anuales de manera periódica, basados en los análisis de sensibilidad.

### **Agradecimientos.**

Agradecemos al Sistema de Agua Potable y Saneamiento del municipio de Jojutla, Morelos por proporcionar información y permitir realizar el análisis de la información.

### **Referencias**

1. Acevedo A. M. (2011). Tarifas sociales de agua potable en Arica, Chile y su impacto teórico en la distribución del ingreso de los usuarios. *Ingeniare: Revista chilena de ingeniería*, 19(1), 132-145.
2. Becerra P. M. (2006). Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis. *VX* (1), 111-143.
3. Buenfil, R., & Buenfil A. F. Mejoras a estructuras tarifarias de servicios urbanos de agua y saneamiento a partir de necesidades en México e internacionales, simposio internacional: Gestión del agua y medio ambiente.
4. Castillo, D.V. (s.f). Horizontes empresariales.
5. Chambergó, G.A. (2012). Punto de equilibrio multiproducto. 22 de mayo de 2014, de Finanzas Sitio web: <http://finanzasdued.blogspot.mx/2012/06/punto-de-equilibrio-multiproducto.htm>
6. Colin, J.G. contabilidad de costos (tercera ed.) MC Graw Hill.
7. Craig R.T, Vaughan J.D & Skinner J. B. (2008). Recursos de la tierra, origen, uso e impacto ambiental (tercera ed.), Madrid: Pearson Prentice Hall, 83-184.
8. Estadísticas del agua en México, edición 2012.
9. Ferroglio, Á. 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.
10. Flores, J. G. (2008). Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera. *Redalyc*, XX (42).
11. Gallego J. A. (2010). Evaluación del impacto de la tarifación del agua de riego sobre la sostenibilidad del regadío: una aproximación a través de indicadores sintéticos. 28(2), 375-404.
12. Herbet, M., & Gordon, W. (1982). Investigación de Operaciones. Prentice Hall hispanoamericana.

13. Heinke, H. (s.f.). Ingeniería Ambiental (Segunda ed.). Pearson Prentice Hall.
14. Hillier F.S. &, Lieberman G.J. (2008) Investigación de Operaciones (novena edición). Mc Graw Hill.
15. 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.
16. Pimentel, B. M. (s.f.). 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?
17. Pineda, P. N. las tarifas y la autosuficiencia financiera, la equidad y la conservación del agua: estudio comparativo de las tarifas urbanas de agua potable en Sonora, IMTA, 115-127
18. Prawda, J. (2004) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones. México: Limusa.
19. Stanton, W.J. Fundamentos de Marketing, 13ª. edición. México: Mc Graw Hill.
20. Taha, H. (2004) Investigación de operaciones, 7a. edición. México: Pearson educación
21. Tawfik, A. C. (s.f.). Administración de la Producción. McGraw-Hill.
22. Vidal, Y.E., Rodríguez, M.O., & Antonio, A.H. la búsqueda de la tarifa justa. IMTA.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## LA RESILIENCIA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS AMBIENTALES EN ÉPOCA DE PANDEMIA

**G. Olmedo-Obrero<sup>1</sup>, R. E. Martínez-Grimaldo<sup>2</sup>, C. Serna-Abascal<sup>3</sup>, E. D. Romo-Bolio<sup>4</sup> y M. González-Fernández<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial del Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec; Av. Tecnológico S/N C.P. 55210 Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec de Morelos, Estado de México, [guadalupe-olmedo@tese.edu.mx](mailto:guadalupe-olmedo@tese.edu.mx) <sup>2</sup>Departamento de Química y Bioquímica, Carrera de Ingeniería Ambiental, del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Calle 608 No. 300 y Av. 412, Col. San Juan de Aragón, Alcaldía. Gustavo A. Madero, C.P. 07470, México, CDMX. [ramon.mg@gamadero.tecnm.mx](mailto:ramon.mg@gamadero.tecnm.mx), [marilu.gf@gamadero.tecnm.mx](mailto:marilu.gf@gamadero.tecnm.mx) <sup>3</sup>Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua de la Universidad Autónoma Chapingo. [cynthia\\_serna\\_abascal@hotmail.com](mailto:cynthia_serna_abascal@hotmail.com) <sup>4</sup>Egresada de Ingeniería Ambiental del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Calle 608 No. 300 y Av. 412, Col. San Juan de Aragón, Alcaldía. Gustavo A. Madero, C.P. 07470, México, CDMX. [evyda96@hotmail.com](mailto:evyda96@hotmail.com)

**Área de participación:** *RETOS Y PERSPECTIVAS EN LA APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS BÁSICAS*

**Resumen:** Ante la emergencia sanitaria mundial por COVID-19, en el año 2020, la Organización Mundial para la Salud recomendó el aislamiento social como medida de prevención ante el riesgo de contagio, lo que trajo como consecuencia la suspensión de las clases presenciales en todos los niveles educativos. Esta situación impactó de forma sorpresiva la labor de los docentes, autoridades educativas y los estudiantes, llevándolos a adecuar sus espacios de trabajo desde casa. Sin embargo, en el caso particular de los ingenieros, la formación práctica resulta ser de gran relevancia para su profesión, desarrollo personal y académico, por lo que, los docentes a cargo de su formación han tenido que verse obligados a diseñar prácticas experimentales accesibles a los estudiantes, en las cuáles, no sólo fortalecen sus conocimientos teóricos, sino también generan aportes a la comunidad. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue visibilizar la experiencia de un equipo multidisciplinario de docentes del Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec y de la Universidad Autónoma Chapingo, para la formación de estudiantes de Ingeniería Ambiental, en vía de concluir su curricula, a través del trabajo de Residencia Profesional, un requisito de egreso. El trabajo que realizó la alumna, lo llevó a cabo en la comunidad donde reside, realizando ensayos toxicológicos a muestras de agua de un jagüey, con el apoyo de materiales asequibles, demostrando que existe cierto grado de toxicidad, quizás debido a la actividad económica de la región

### Introducción

En 2020 ante la emergencia sanitaria mundial por COVID-19, la Organización Mundial de la Salud (2020) recomendó el aislamiento social como medida de prevención ante el riesgo de contagio, lo que trajo como inmediata consecuencia la suspensión de las clases presenciales en todos los niveles educativos. Esta situación impactó sorpresivamente de manera directa la labor docente, haciendo que estudiantes, docentes y autoridades educativas tuvieran que adecuar espacios para el trabajo a distancia.

De acuerdo con la UNESCO (2020), la pandemia del COVID-19 ha generado la mayor alteración del sistema educativo de la historia, afectando al 94% de la población estudiantil mundial en más de 190 países. Esta situación, trajo cambios significativos en



las prácticas de instrucción convencional, que debieron pasar del aprendizaje tradicional presencial, a un aprendizaje desde casa, utilizando una combinación de diversas tecnologías de información y la comunicación.

Como mencionan Chan-Pavón, Mena-Romero, Escalante y Rodríguez (2018), la formación práctica de los ingenieros es de gran relevancia para su profesión, desarrollo personal y académico, por lo que los docentes a cargo de la formación, en el caso particular del presente estudio, de los ingenieros ambientales, para lograr que se implementara de manera exitosa una estrategia de formación y evaluación no presencial, tuvieron que desarrollar la llamada resiliencia, que de acuerdo a la Real Academia Española (REA,2021), es “la *Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos*”, así los docentes tuvieron que diseñar estrategias para la enseñanza, y evaluación no presencial teniendo que diseñar prácticas experimentales accesibles a los estudiantes, con las cuales no solo fortalecieran sus conocimientos teóricos, sino también generaran aportes a la comunidad.

De acuerdo a Day y Gu (2015), los docentes resilientes son aquellos que, mediante sus prácticas, mantienen una relativa estabilidad entre los múltiples ambientes escolares en los que se desenvuelven, ya que su labor docente se encuentra supeditada a las modificaciones en las políticas públicas, por sus interacciones sociales, sus sistemas de creencias, sus experiencias personales, así como por las condiciones sociales, de la localidad, en las que se ubican sus centros de trabajo. Por lo que, ante el inicio de la pandemia de COVID-19, y durante las recomendaciones de aislamiento social, los docentes a cargo de la formación de ingenieros ambientales, debían rápidamente desarrollar la capacidad de resiliencia mencionada por Day y Gu (2015).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue visibilizar la experiencia ante la emergencia sanitaria mundial de COVID-9, de los docentes que están involucrados de la formación de ingenieros ambientales, en particular en el Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero (ITGAM), del Tecnológico Nacional de México (TecNM) y en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), en relación con las residencias profesionales que tienen que realizar los alumnos como el último requisito de créditos de su retícula y uno de los requisitos para lograr su titulación profesional.

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

Para lograr el objetivo se optó por diseñar un estudio de caso, que permitiera comprender la realidad y el funcionamiento del suceso (Stake, 1999). De acuerdo con Gibbs (2012) y Stake (2006), el enfoque cualitativo sitúa al investigador en interacción directa con el fenómeno estudiado y le permite acceder al contexto natural que se desea analizar. Es así que se seleccionó el caso de una estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental del ITGAM, ubicado en la delegación GAM en la Ciudad de México (CDMX), México.

El caso fue elegido bajo dos factores. El primero, contando con la participación de docentes de diversas instituciones de educación superior, que incluye al ITGAM, el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE) y de la UACH, aportando, de esta manera, un enfoque multidisciplinario al estudio.

El segundo factor, se trató el caso de una alumna, quien pese a las adversidades de pandemia, culminó en tiempo y forma sus residencias profesionales, mismas que son requisito curricular para su posterior graduación como ingeniera ambiental.

Como mencionan Cárdenas-Estrada *et al* (2019), las prácticas profesionales cuando son estructuradas y controladas sistemáticamente, pueden constituir una vía importante para la formación profesional del ingeniero. En el caso del TecNM, las residencias profesionales son una estrategia educativa que forma parte de la currícula del Ingeniero Ambiental. Estas residencias fortalecen las competencias profesionales del futuro egresado y, además, al aplicarlas, le permiten al estudiante emprender un proyecto teórico-práctico, analítico, reflexivo, crítico y profesional que le aportan herramientas para resolver un problema específico de la realidad social y productiva.

Así que los docentes a cargo de la dirección de las residencias profesionales de la alumna, diseñaron una estrategia que incluyó no sólo reuniones de seguimiento en línea sino un proyecto que pudiera aportar algún beneficio a la comunidad aledaña a la Ciudad de México y Estado de México, con la cual la alumna cumpliera con los objetivos de las residencias profesionales. La contribución que se dio, fue en el ámbito del manejo ambiental, para el cual no se requirió faltar a las medidas recomendadas por las autoridades de salud de aislamiento, por lo que no hubo interacción social, ni tampoco se tuvo que acudir, de manera sistemática, a las instalaciones de las instituciones educativas quienes, por la contingencia de salud, reglamentaron que su comunidad no asistiría.

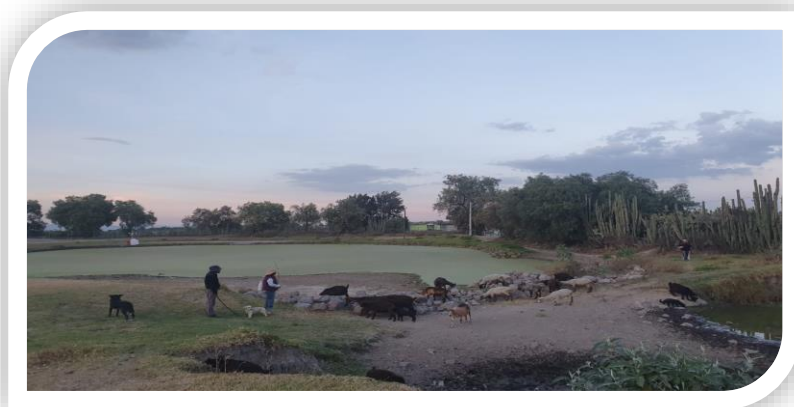
## Resultados y Discusión

Se realizaron al menos diez reuniones de seguimiento con los docentes y la alumna y se diseñó un proyecto para la determinación de la ecotoxicidad de un jagüey (Figura 1), ubicado en el municipio San Luis Tecuautitlán, Estado de México y se realizaron reuniones virtuales con la alumna para coordinar la parte experimental, el tratamiento y análisis de los datos.

San Luis Tecuautitlán está ubicada en el Municipio Temascalapa del Estado de México, México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud (dec.): -98.883333, Latitud (dec.): 19.766667. Se encuentra a una mediana altura de 2450 metros sobre el nivel del mar. La población total de San Luis Tecuautitlán es de 5,694 personas, de cuales 2,861 son hombres y 2,833 mujeres (INEGI, 2019); hay un total de 1,394 viviendas habitadas las cuales 1021 tienen instalaciones sanitarias y 991 están conectadas al servicio público (INEGI, 2019), 1197 cuentan con agua potable y 1297 viviendas con drenaje. Esta

localidad la abastece el Pozo San Miguel Atlamajac, que está ubicado en la carretera San Pedro-San Miguel Atlamajac (Quezada-Quezada, 2018).

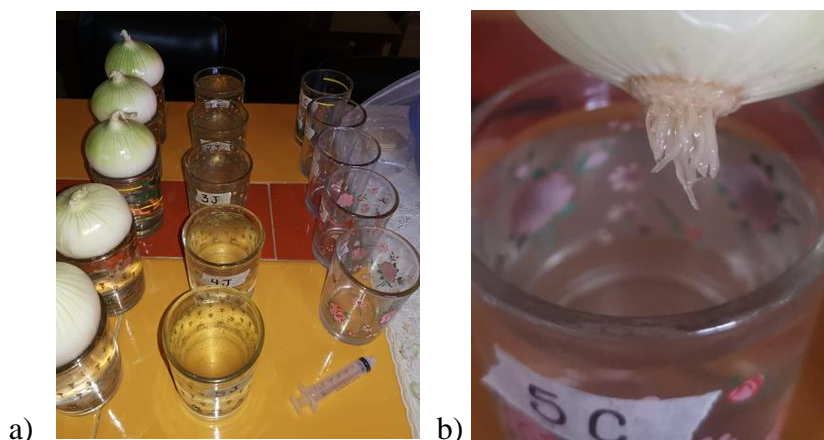
Dentro de la comunidad seleccionada se encuentra un cuerpo de agua conocido como jagüey, el cual está cubierto por lenteja de agua (*Lemna minor*). Este jagüey sirve como fuente de alimento e hidratación para los animales, principalmente borregos y vacas, estos animales después son utilizados para el comercio como alimento o criaderos. En algunas ocasiones habitantes de su alrededor ocupan esta agua para necesidades domésticas. Existen diversas problemáticas que pueden llegar afectar al jagüey de manera directa e indirecta, algunas de ellas son, que en la población cuentan con talleres de fuegos pirotécnicos donde se manejan sustancias explosivas. Así como crecimiento de la población, asentamientos irregulares sin red de agua, déficit en el servicio de drenaje y acumulación de residuos en contenedores ubicados en diferentes puntos de la localidad (Quezada-Quezada, 2018). A pesar de la importancia del jagüey para la comunidad, no se contaban con estudios sobre la calidad del agua contenida en este, por esta razón se hacía urgente realizar análisis a dicho jagüey.



**Figura 1.** Jagüey ubicado en el municipio San Luis Tecuautitlán, Estado de México

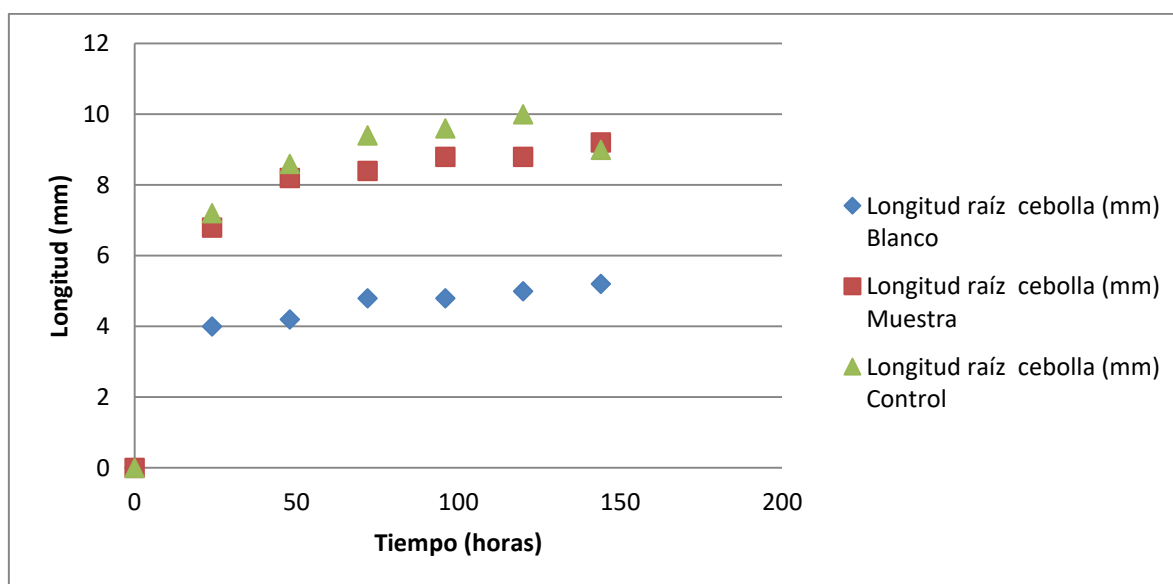
La parte práctica diseñada por los docentes consistió en la toma de muestras del jagüey con frascos hervidos de manera casera. Con las muestras recolectadas, se realizaron bioensayos basados en la técnica Díaz Báez *et al* (2004), para determinar la ecotoxicidad del cuerpo de agua, las pruebas se diseñaron para ser realizadas con materiales al alcance de la alumna. Consistieron en vasos de vidrio, agua potable, regla y cebollas (*Allium cepa*) que actuaron como bioindicador.

En la figura 2 se muestran los materiales empleados para el análisis (2a) y el crecimiento de las cebollas en una de las muestras (2b).



**Figura 2.** Experimento realizado a) Materiales empleados b) Crecimiento de las raíces de las cebollas.

Con la implementación del ensayo diseñado, la alumna dio seguimiento en un espacio que ella adecuó para ir observando y midiendo el crecimiento de las raíces de las cebollas, que actuaban como bioindicador. En la figura 3 se puede apreciar los resultados obtenidos, en el cual se determinó un mayor crecimiento de la raíz de las cebollas colocadas en las muestras con respecto al control.



**Figura 3.** Crecimiento de la raíz de la cebolla (mm).

Los resultados experimentales dieron evidencia que, a pesar de que se observó que las raíces mantenidas con agua de jagüey crecieron más, estas presentaron cambios y diferencias en su morfología, el olor que adquirieron era desagradable, las raíces estaban débiles e incluso algunas sin crecimiento. Es así que, se concluyó que el agua del jagüey de San Luis Tecuatitlán presenta una ligera toxicidad ya que las raíces de las cebollas no crecieron de forma normal y la cebolla comenzó a tener cambios negativos.

Como se mencionó, en la localidad hay talleres de fuegos pirotécnicos y en sus festividades utilizan éstos generando residuos contaminantes. Tomando en cuenta los resultados obtenidos y la información dada acerca de cómo estos afectan al ambiente, es posible que alguno de sus componentes sean metales pesados o el perclorato de sodio (Robles-González *et al.*, 2017), y que éstos ya se encuentren presentes en el ecosistema acuático evaluado.

Este ecosistema acuático es utilizado para la cosecha de nopales, como fuente de hidratación para animales y debido a la problemática de escases de agua, la comunidad en ocasiones la ocupa como agua potable para su consumo. Por lo tanto, con los resultados mostrados en la parte experimental, las conclusiones a las que se llegaron, pueden ser de utilidad para las autoridades y la comunidad, debido al uso que tiene el agua de este cuerpo de agua.

### **Conclusiones**

Los docentes lograron diseñar estrategias para que la alumna de ingeniería ambiental lograra culminar, en tiempo y forma, sus residencias profesionales. Además de generar un aporte a una comunidad. Quedó demostrada la resiliencia de los docentes para hacer frente a las situaciones y darles solución con las herramientas que se tienen al alcance.

El presente trabajo se mostró un ejemplo en el que los docentes, fueron capaces de generar resiliencia y ser disruptivos ante las situaciones adversas como lo es la pandemia que se vive en el mundo por COVID-19 y, a través de trabajos colaborativos, son capaces de rediseñar en tiempo récord, no solo clases para impartirlas en ambientes virtuales, sino también crear estrategias que logren aprendizajes significativos en los estudiantes, en particular de ingeniería ambiental, y de esta manera que logren tener una formación integral, generando aportes significativos a la sociedad en la que viven.

Finalmente, con este proyecto se logró el aprendizaje significativo de la alumna Romo Bolio Evelin Damara, en un caso práctico, con el cual logró acreditar sus residencias profesionales, lográndose el objetivo plantado por los docentes al diseñar una estrategia de resiliencia para continuar con su labor de formación integral de los estudiantes de ingeniería ambiental.

### **Agradecimientos**

A las autoridades de los centros académicos del Tecnológico Nacional de México, tanto del Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, como del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, así como también de la Universidad Autónoma Chapingo, por el apoyo administrativo para el presente trabajo. Especial agradecimiento al municipio de San Luis Tecuautitlán, Estado de México por las facilidades brindadas.

## Referencias

1. Cárdenas Estrada C.M, García Ancira C., Álvarez Aquilar N.T. (2019). Educación Basada en Competencias: Un Modelo Educativo Para Potenciar El Aprendizaje en la Ingeniería. Revista Electrónica ANFEI Digital, No, 11, pp. 1- 8, Recuperado de: <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/538>
2. Chan-Pavon, M., Mena-Romero, D., Escalante-Euán, J., & Rodríguez-Martín, M. (2018). Contribución de las Prácticas Profesionales en la formación de los Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán (México). Formación universitaria, Vol. 11(1), 53-62. Consultado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062018000100053>
3. Day, C., Sammons, P., y Gu, Q. (2008). Combining Qualitative and Quantitative Methodologies in Research on Teachers' Lives, Work, and Effectiveness: From *Integration to Synergy*. *Educational Researcher*, (6), 330-342.
4. Díaz Báez, M.C., Ronco, A., Pica Granados, Y., (2004). Ensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebolla *Allium cepa* L. mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces. In: Castillo, G. (Ed.), Ensayos Toxicológicos Y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarización, Intercalibración, Resultados Y Aplicaciones. IDRC, IMTA, Canadá, pp. 33–40.
5. Gibbs, G. (2012). El análisis de datos cualitativos en la Investigación Cualitativa. Madrid: Ediciones Morata.
6. INEGI. (2019). Catalogo de localidades. México.
7. OMS. (2020). Guía provisional para la Prevención Y Control De La COVID-19 en las escuelas. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: [https://www.unicef.org/sites/default/files/2020-04/Key%20Messages%20and%20Actions%20for%20COVID-19%20Prevention%20and%20Control%20in%20Schools\\_Spanish.pdf](https://www.unicef.org/sites/default/files/2020-04/Key%20Messages%20and%20Actions%20for%20COVID-19%20Prevention%20and%20Control%20in%20Schools_Spanish.pdf)
8. Quezada Quezada, H. (2018). Plan de desarrollo municipal 2016-2018. México. Recuperado de: [https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files\\_ipo/2016/47/11/3179c8536ed979a30530e17d1811d47f.pdf](https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2016/47/11/3179c8536ed979a30530e17d1811d47f.pdf)
9. Real Academia Española: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed. (2014). [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [ 07 de abril de 2021].
10. Robles-Gonzalez, I. V., Reyna-Velarde, R., Guerrero-Barajas, C., Robles-González, V. S., & Ordaz, A. (2017). La quema masiva de pirotecnia: Un espectáculo que contamina. *Revista bio ciencias (Nayarit, Méx.)*, 4(5), 1-18.
11. Stake, R. E. (1999). Investigación con estudio de casos. Madrid: Ediciones Morata.
12. Stake, R. E. (2006). Evaluación comprensiva y evaluación basada en estándares. Barcelona: Graó Editores.
13. UNESCO. (2020), "Nuevas publicaciones cubanas para enfrentar efectos de la COVID-19 sobre la educación", Oficina de la UNESCO en La Habana. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [en línea] <https://es.unesco.org/news/nuevas-publicaciones-cubanas-enfrentar-efectos-covid-19-educacion> [fecha de consulta: 07 de abril de 2021].

## Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.



## RELACIÓN DE LOS GRADOS DE MARGINACIÓN Y LOS RESULTADOS POR NIVEL DE LOGRO DE LA PRUEBA PLANEA EN EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN MÉXICO.

**Miguel Alejandro Muñoz-López, Lizeth Baroza-Sánchez**

Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 21  
[miguel.munoz@cbtis21.edu.mx](mailto:miguel.munoz@cbtis21.edu.mx), [lizeth.baroza@cbtis21.edu.mx](mailto:lizeth.baroza@cbtis21.edu.mx)

**Área de participación:** Estadística y Toma de Decisiones

**Resumen:** En esta investigación se explora la correlación entre los distintos grados de marginación y los resultados obtenidos por nivel de logro en el área de Matemáticas dentro de la prueba PLANEA, misma que evalúa aprendizajes esenciales relacionados con las materias de lenguaje y comprensión (Comprensión Lectora) y Matemáticas; esta prueba es aplicada a estudiantes del último grado de Educación Básica y Educación Media Superior e informa el estado que guarda la educación del país en término del logro de los aprendizajes de sus estudiantes, éstos mismos resultados aportan a las autoridades información relevante para el monitoreo, planeación, programación y operación del sistema educativo y de sus centros escolares. El tema de estudio de esta investigación se centra en el campo de las matemáticas y la relación que las zonas de marginación tienen sobre los resultados académicos de la prueba PLANEA. Para realizar el análisis de la relación entre las variables, se requiere conocer con que fuerza influye una variable con el comportamiento de la segunda variable, es decir, que tan importante es una variable y que tanto influye en el resultado de una correlación estadística; en términos generales la correlación estadística determina la relación o dependencia que existe entre las dos variables que intervienen en una distribución bidimensional.

*Palabras clave:* planea, correlación, marginación, educación media superior.

### **Introducción.**

A partir del año 2015 en México se realiza la prueba PLANEA, de acuerdo a (INEE, 2019), esta prueba se aplica para conocer la calidad y el grado en que los estudiantes mexicanos dominan aprendizajes esenciales en diferentes momentos de la educación. La prueba PLANEA evalúa el aprendizaje relacionado con las materias de Lenguaje y Comunicación (Comprensión Lectora) y Matemáticas; se aplica a estudiantes del último grado de escuelas públicas y privadas de Educación Básica y Educación Media Superior.

De acuerdo al (INEE, 2018, No. 1) la prueba planea sirve para informar el estado que guarda la educación del país en término del logro de los aprendizajes de sus estudiantes en Educación Básica y Educación Media Superior, estos mismos resultados aportan a las autoridades información relevante para el monitoreo, planeación, programación y operación del sistema educativo y de sus centros escolares. De forma general la información recopilada por la aplicación de dicha prueba contribuye al desarrollo de directrices para la mejora educativa y los contextos en la cual tiene lugar.

La prueba PLANEA se diseña a partir del plan de estudios de Educación Básica y del Marco Curricular Común de Educación Media Superior (INEE, 2018, No. 3), en ambos casos se evalúan los campos formativos de Matemáticas y Comprensión Lectora, estos

campos integran herramientas esenciales para el desarrollo del aprendizaje de otras áreas del conocimiento, por consecuente son indicadores educativos relevantes.

En el campo de las Matemáticas se promueven habilidades para la solución de problemas, formulación de argumentos para explicar sus resultados y el diseño de estrategias y sus procesos para la toma de decisiones; en el campo de la comprensión lectora se favorece el desarrollo de competencias comunicativas a partir del uso y estudio formal del lenguaje.

El contexto en el que se obtiene los resultados educativos es un factor de impacto para comprender los múltiples factores y circunstancias que influyen en el logro de los aprendizajes de los estudiantes considerando su entorno socioeconómico y diversos actores sociales y educativos. El tema de estudio de esta investigación se centra en la relación que las zonas de marginación tienen sobre los resultados académicos de la prueba PLANEA. Es importante matizar que con dicha prueba no se propone medir todo lo que el alumnado aprende, (INEE, 2018, No. 3) menciona que la prueba PLANEA evalúa los aprendizajes clave que deben saber todos los estudiantes que cursan la educación básica y media superior, de acuerdo con lo establecido por el currículo respectivo.

Para agrupar los resultados obtenidos por los estudiantes, la prueba PLANEA propone cuatro niveles de logro que informan acerca de los aprendizajes clave esperados y la medida en la cual se han apropiado de ellos (Plan Nacional para las Evaluaciones de los Aprendizajes, 2021), estos niveles van del I al IV y en orden progresivo, es decir, el nivel I es el más bajo y el nivel IV el más alto, son también acumulativos ya que los estudiantes que se ubican en el nivel II al IV cuentan con aprendizajes del nivel previo. De acuerdo a (PLANEA MEDIA SUPERIOR, 2021) los niveles de logro se agrupan de la siguiente forma.

Nivel I: Los estudiantes que se ubican en este nivel tienen un conocimiento insuficiente de los aprendizajes clave incluidos en los referentes curriculares. Esto refleja mayores dificultades para continuar con su trayectoria académica.

Nivel II: Los estudiantes que se ubican en este nivel tienen un conocimiento elemental de los aprendizajes clave incluidos en los referentes curriculares.

Nivel III: Los estudiantes que se ubican en este nivel tienen un conocimiento satisfactorio de los aprendizajes clave incluidos en los referentes curriculares.

Nivel IV: Los estudiantes que se ubican en este nivel tienen un conocimiento sobresaliente de los aprendizajes clave incluidos en los referentes curriculares.

La propuesta de esta investigación se centra en el campo de las Matemáticas y la correlación existente de dos parámetros que arrojan los mismos datos estadísticos de la prueba PLANEA para Educación Media Superior, estos parámetros son el porcentaje de estudiantes según el nivel de logro y el porcentaje de nivel de logro por grado de marginación en el área de Matemáticas por cada una de las entidades federativas de México. Los datos requeridos para cada uno de los parámetros analizados son de libre

acceso y se encuentran disponibles en la base de datos de los resultados históricos (PLANEA MEDIA SUPERIOR, 2021).

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para realizar el análisis de la relación entre las variables, se requiere conocer con que fuerza influye una variable con el comportamiento de la segunda variable, es decir, que tan importante es una variable y que tanto influye en el resultado de una correlación estadística; en términos generales la correlación estadística determina la relación o dependencia que existe entre las dos variables que intervienen en una distribución bidimensional (Quintero, 2015).

Las variables a considerar son los cuatro diferentes niveles de logro estipulados en la prueba PLANEA, considérense entonces los niveles de logro I, II, III y IV como las variables  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$  y los grados de Marginación Muy Bajo, Bajo, Medio y Alto como las variables  $X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, X_{i4}$ , de tal forma que la relación de variables y su respectiva representación o concepto se pueden visualizar en la tabla 1.

Tabla 1. Relación de variables de Grado de Marginación y Niveles de Logro  
 Fuente: Elaboración propia

Grado de Marginación	Variables $X_i$	Variables $Y_i$	Nivel de Logro
$X_{i1}$	Muy Bajo	Nivel I	$Y_{i1}$
$X_{i2}$	Bajo	Nivel II	$Y_{i2}$
$X_{i3}$	Medio	Nivel III	$Y_{i3}$
$X_{i4}$	Alto	Nivel IV	$Y_{i4}$

(Obilor y Amadi, 2018), mencionan que se puede determinar la fuerza de asociación entre dos variables aplicando el método estadístico de correlación de Pearson, la correlación de Pearson básicamente intenta trazar una línea que mejor se ajuste a través de los datos de dos variables, con la aplicación de esta técnica estadística se obtiene el coeficiente de correlación de Pearson  $r$ , el cual indica que tan lejos están todos estos puntos de datos de la línea que mejor se ajusta.

Dada la relación del conjunto de variables  $(X_{i1}, Y_{i1}), (X_{i2}, Y_{i2}), \dots (X_{in}, Y_{in})$ , el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) se define como,

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (1)$$

Donde  $r$  = Coeficiente de Correlación de Pearson  
 $S_{xy}$  = Covarianza de los valores de X y Y  
 $S_x$  y  $S_y$  = Desviación estándar de los valores de X y Y respectivamente.

entonces, el coeficiente de correlación de Pearson se puede reescribir de la siguiente forma.

$$r = \frac{\frac{1}{n}\sum(Xi_j - \bar{X})(Yi_k - \bar{Y})}{\left(\left(\frac{1}{n}\sum(Xi_j - \bar{X})^2\right)_{j=1,2,..m} \left(\frac{1}{n}\sum(Yi_k - \bar{Y})^2\right)_{k=1,2,..m}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

Donde  $n$  es el número de muestras a correlacionar.

$Xi$ ,  $Yi$  son números reales positivos.

$j$ ,  $k$  definen el tipo de indicador a correlacionar.

$m$  define el límite de indicadores.

(Ratner, 2009), menciona que los valores del coeficiente de correlación de Pearson pueden tener un rango de valor de  $-1 \leq r \leq 1$  y su interpretación es de la siguiente forma.

- El valor de 0 indica que no existe una relación lineal.
- El valor de 1 indica una relación lineal positiva perfecta, es decir si una variable incrementa su valor, la otra variable también incrementa su valor a través de una relación lineal exacta.
- El valor de -1 indica una relación lineal negativa perfecta, es decir si una variable incrementa en su valor, la otra variable decrementa su valor a través de una relación lineal perfecta.
- Valores entre 0 y 0.3 (0 y -0.3), indican una relación lineal positiva (negativa) débil a través de una relación lineal marginal.
- Valores entre 0.3 y 0.7 (0.3 y -0.7), indican una relación lineal positiva (negativa) moderada a través de una relación lineal ligeramente firme.
- Valores entre 0.7 y 1.0 (-0.7 y -1.0), indican una relación lineal positiva (negativa) fuerte a través de una relación lineal firme.

De la tabla 1 se desglosa que los valores de  $Xi$  son el porcentaje de alumnos que alcanzaron los diferentes niveles de logro según el grado de marginación representativo y los valores de  $Yi$  son el porcentaje de estudiantes generalizado en cada uno de los niveles de logro obtenidos por cada entidad federativa del país. Los valores de la variable  $Xi$ , se obtienen de los últimos resultados publicados de planea por desglose de cada entidad federativa disponibles en (PLANEA MEDIA SUPERIOR, 2021). La tabla No. 2 muestra los resultados requeridos para realizar la correlación lineal de Pearson, en lo que respecta los valores de la variable  $Yi$ , en la figura 1 se representan los datos estadísticos para los valores de la variable  $Yi$  (Nivel de logro generalizado), el orden de presentación de las entidades federativas está jerarquizado por el valor  $Yi4$  (Nivel de logro IV) para mantener una simetría y/o linealidad representativa en la gráfica.

Tabla 2. Niveles de logro (matemáticas) según el grado de Marginación.  
Fuente: Elaboración propia con datos de (PLANEA, EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, 2016)

	MUY BAJO				BAJO				MEDIO				ALTO			
	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$
Aguascalientes	47.4	31.4	15.6	5.7	46.2	29.8	16.3	7.6	62.6	24.3	8.9	4.1				
Baja California	44.3	30.8	16.3	8.7	50.2	32.3	14.2	3.4	61.2	25.5	10.8	2.6	60.8	25.1	10.8	3.3
B. C. Sur	52.0	30.8	12.4	4.8	66.8	23.2	7.8	2.3	34.5	33.6	23.8	8.1	69.1	28.7	2.2	0.0
Campeche	47.1	29.5	15.3	8.1	39.9	32.6	20.0	7.6	50.1	32.5	12.9	4.5	43.5	31.5	18.9	6.1
Coahuila	45.3	31.9	15.5	7.2	47.7	32.0	16.7	3.7	50.8	37.2	10.9	1.0	83.3	14.3	2.4	0.0
Colima	43.0	31.7	16.4	8.9	44.3	31.6	16.7	7.4	47.8	30.6	19.2	2.5	58.3	30.3	9.4	1.9
Chiapas	56.1	25.2	12.8	6.0	65.1	23.8	8.6	2.6	58.2	24.8	11.7	5.3	59.1	23.7	11.8	5.4
Chihuahua	45.6	30.6	16.2	7.6	49.9	30.4	15.1	4.5	45.6	36.5	10.8	7.0	73.8	20.3	5.6	0.4
Cd. de México	50.1	32.1	12.9	4.9	48.4	32.8	16.4	2.4								
Durango	42.4	32.6	17.5	7.6	41.5	30.6	19.6	8.3	46.4	27.5	8.9	17.2	25.8	29.7	19.5	25.0
Guanajuato	48.8	30.9	14.4	5.9	48.3	31.8	15.1	4.8	49.5	32.1	13.6	4.8	46.2	36.3	14.1	3.4
Guerrero	56.2	28.4	13.2	2.3	59.0	24.6	10.1	6.3	59.5	24.5	11.8	4.2	65.5	19.0	9.0	6.4
Hidalgo	40.9	34.2	17.8	7.1	52.1	30.7	12.6	4.6	55.7	29.3	9.9	5.1	59.7	25.8	10.4	4.1
Jalisco	44.4	32.2	16.4	7.0	43.9	32.6	16.6	6.9	49.8	37.3	10.0	3.0	58.8	28.3	10.8	2.0
Edo. de México	54.4	30.7	11.2	3.6	58.5	27.5	9.3	4.7	62.4	27.2	8.0	2.4	59.4	28.8	8.9	2.8
Michoacán	49.1	31.1	13.5	6.2	56.4	28.1	11.1	4.3	61.4	26.0	9.8	2.9	71.5	19.4	6.5	2.5
Morelos	52.0	30.3	13.0	4.7	64.1	24.7	7.6	3.6	37.7	27.8	23.8	10.6	50.5	32.3	11.4	5.8
Nayarit	47.5	30.9	15.2	6.4	55.2	29.3	11.8	3.6	52.6	29.1	9.6	8.8	67.0	26.1	5.8	1.2
Nuevo León	50.9	28.8	14.5	5.8	45.3	31.6	15.0	8.2	18.8	53.1	21.9	6.3	62.3	31.9	4.3	1.4
Oaxaca	41.1	30.2	19.8	8.9	50.0	30.7	14.0	5.2	47.6	33.4	13.6	5.4	59.9	27.1	9.7	3.4
Puebla	32.4	35.2	22.7	9.7	31.9	32.4	21.8	13.9	35.4	33.7	19.9	11.1	43.5	30.4	16.7	9.5
Querétaro	40.9	34.0	18.5	6.6	47.8	35.2	12.6	4.3	38.8	34.5	18.9	7.7	40.3	35.7	15.8	8.2
Quintana Roo	48.0	32.9	14.5	4.6	50.1	33.0	11.8	5.2	44.1	31.5	18.2	6.2	47.8	27.3	16.0	8.9
San Luis Potosí	49.5	30.5	14.7	5.3	53.4	26.7	12.4	7.5	64.0	24.6	7.9	3.5	70.7	21.2	6.4	1.7
Sinaloa	41.0	28.7	19.2	11.1	49.4	25.1	16.6	8.9	54.3	28.3	13.4	4.0	36.7	29.3	23.8	10.3
Sonora	42.1	31.9	17.5	8.5	42.6	31.0	16.7	9.7	57.3	31.3	10.0	1.5	67.8	24.7	5.9	1.6
Tabasco	54.0	25.5	14.9	5.5	62.6	22.4	10.8	4.3	64.0	22.3	11.4	2.3	55.9	24.5	15.0	4.7
Tamaulipas	49.9	28.8	13.8	7.5	55.9	23.7	12.7	7.6	63.0	26.1	8.3	2.6	57.8	29.7	8.6	4.0
Tlaxcala	48.1	33.2	14.8	3.9	52.8	32.7	11.9	2.5	54.7	27.7	13.7	4.0	49.9	37.5	10.7	2.0
Veracruz	41.7	31.6	18.3	8.5	46.5	28.9	15.2	9.4	48.7	30.2	13.3	7.8	52.9	27.5	12.3	7.4
Yucatán	43.4	30.4	18.5	7.7	51.8	30.6	13.5	4.0	51.7	29.3	14.6	4.4	49.8	30.6	13.9	5.8
Zacatecas	41.7	32.7	17.7	7.9	45.5	28.5	16.9	9.2	42.3	31.6	15.3	10.8	36.6	26.7	22.1	14.7

De la figura 1, se obtienen los valores para las Variables  $Y_i$  las cuales se van a correlacionar con los valores  $X_i$  de la tabla 2, aplicando la fórmula de la ecuación (2) para cada uno de los valores requeridos por grado de marginación.

## Resultados y Discusión.

Derivado de aplicar la fórmula de la ecuación (2) utilizando la herramienta de ecuaciones programadas en Excel para el coeficiente de Pearson se obtienen los coeficientes de correlación para cada uno de los distintos grupos por grado de marginación y jerarquizados por cada nivel de logro de los estudiantes. La figura 2 muestra una

representación gráfica de los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos para grado de marginación en relación a cada nivel de logro.

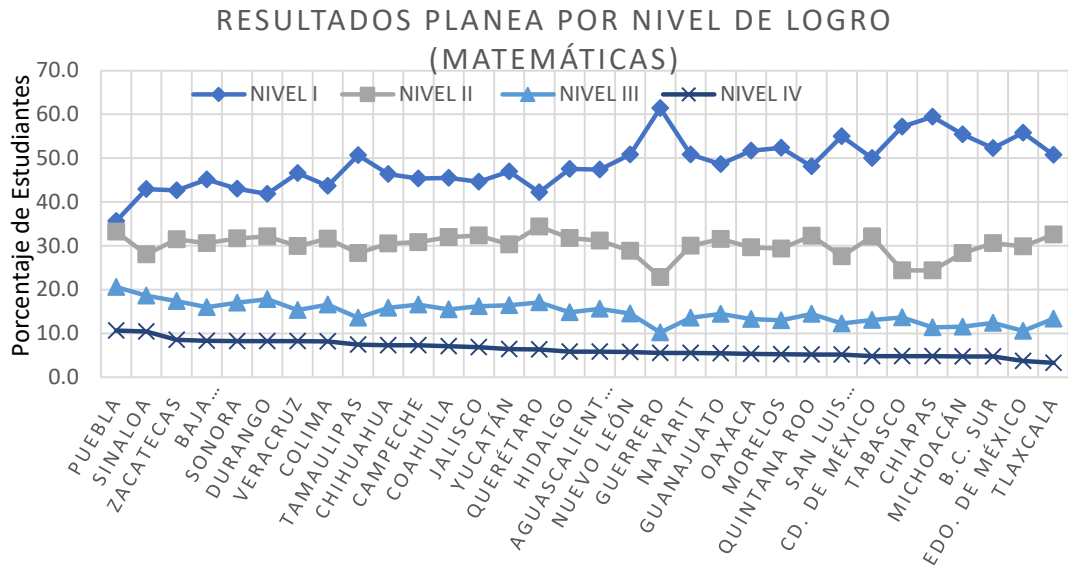


Figura 1. Niveles de Logro generales por cada una de las Entidades federativas de México.  
 Fuente: Elaboración propia con datos de (PLANEA, EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, 2016)

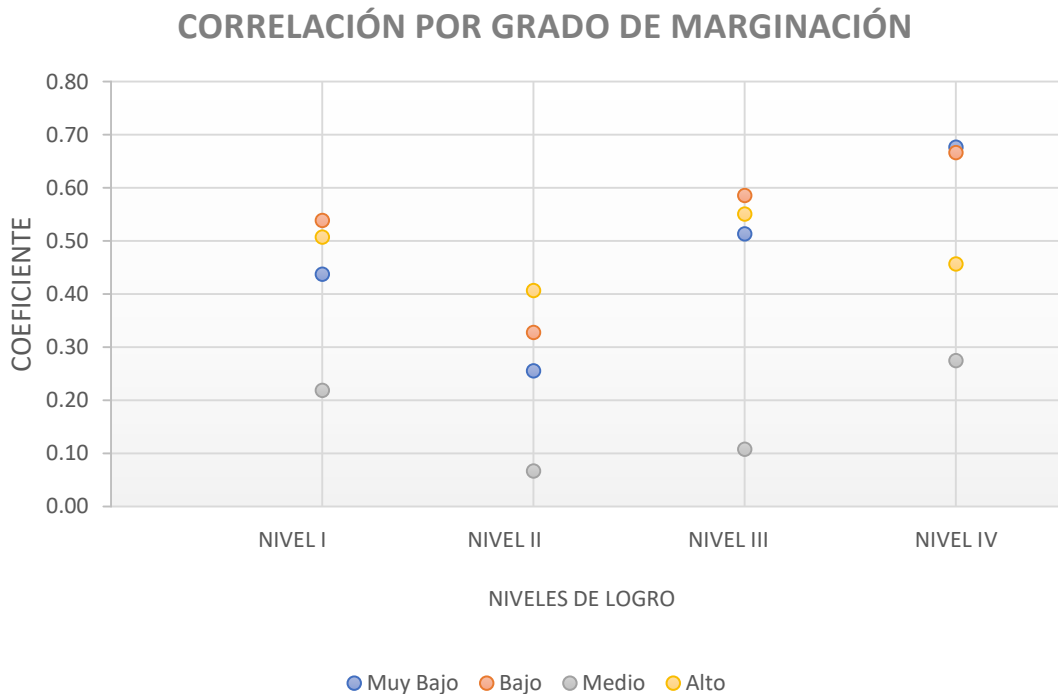


Figura 2. Coeficientes de correlación de Pearson según el grado de marginación.  
 Fuente: Elaboración propia con datos de (PLANEA, EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, 2016)



Los coeficientes de correlación reales de los pares de variables  $(X_{i1}, Y_{i1}), (X_{i2}, Y_{i2}), \dots, (X_{in}, Y_{in})$  representados gráficamente en la figura 2, se muestran con su valor numérico real la tabla No. 3 donde se agrupan por grados de marginación y se jerarquizan por niveles de logro.

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson por grado de Marginación y Niveles de logro.

Fuente: Elaboración propia

Grado de Marginación	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
Muy Bajo	0.44	0.26	0.51	0.68
Bajo	0.54	0.33	0.59	0.67
Medio	0.22	0.07	0.11	0.27
Alto	0.51	0.41	0.55	0.46

De la tabla 3 se observa que no existe ningún coeficiente de correlación en el grupo de valores en el rango de 0.7 a 1.0 para indicar que exista una correlación lineal positiva fuerte de acuerdo a la clasificación de (Ratner, 2009); si bien en el grupo de grado de marginación Muy Bajo existen dos coeficientes de correlación cercanos 0.7 para el Nivel de logro IV, estos se consideran bajo el esquema de una correlación lineal ligeramente firme pero no suficiente para ser considerada como un indicador relevante en el impacto que pudiesen tener los distintos grados de Marginación en los niveles de logro de los estudiantes en la prueba PLANEA. Otro dato interesante es que para el grupo de grado de marginación Medio el resultado de los coeficientes de correlación son todos cercanos a un valor de cero, este se interpreta de tal forma que no existe correlación lineal alguna con los resultados obtenidos en cada nivel de logro, para el grado de marginación Alto, el promedio de los coeficientes de correlación según su nivel de logro es de .48, es decir, una correlación lineal muy débil con tendencia a un valor cercano a cero.

Dado lo anterior, en el campo de las matemáticas no existe evidencia de una correlación lineal significativa entre los distintos grados de marginación y los resultados obtenidos por cada nivel de logro, (Sedgwick, 2012) menciona que el significado estadístico del coeficiente de correlación  $r$  está relacionado directamente al tamaño de la muestra, para muestras pequeñas, el tener una asociación lineal significativa requiere que el coeficiente de correlación tenga un valor cercano a -1.0 para correlaciones negativas o cercano a 1.0 para correlaciones positivas. Para el caso de estudio en esta investigación se cuenta con 32 pares de datos  $(X_i, Y_i)$  en relación a la cantidad de entidades federativas del país, de tal forma que se puede considerar como una muestra pequeña.

## Conclusiones.

La evidencia existente para confirmar una asociación significativa entre los parámetros planteados en la investigación es relativamente débil de acuerdo a los criterios de (Ratner, 2009), en la mayor parte de los coeficientes de correlación obtenidos su valor no rebasa el medio punto, por lo que se puede considerar que no existe relación estrecha entre los grados de marginación y los resultados por nivel de logro de los estudiantes en el campo de las Matemáticas. El análisis propuesto en este trabajo puede servir de guía

y herramienta para los organismos que planifican y realizan los distintos programas educativos para los centros escolares en Educación Media Superior, es también uno de varios indicadores que pueden auxiliar en los procesos y esquemas de inversión educativa para canalizar los recursos a los rubros que requieran mayor atención.

### Agradecimientos.

Los autores agradecen al director del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 21 Roosevelt Amparán Figueroa por el apoyo brindado para realizar proyectos académicos en la institución.

### Referencias

1. INEE. (2019, 5 julio). Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes.  
a. <https://historico.mejoredu.gob.mx/evaluaciones/planea/>
2. INEE. (2018, diciembre). Planea: Una nueva generación de pruebas ¿Qué es Planea? (No 1).
3. Dirección General de Difusión y Fomento de la Cultura de la Evaluación, UNIDAD DE INFORMACIÓN Y FOMENTO DE LA CULTURA DE LA EVALUACIÓN.
4. [https://historico.mejoredu.gob.mx/wp-content/uploads/2018/12/Planea\\_1.pdf](https://historico.mejoredu.gob.mx/wp-content/uploads/2018/12/Planea_1.pdf)
5. INEE. (2018, diciembre). Planea: Una nueva generación de pruebas ¿Que evalúa? (No. 3).
6. Dirección General de Difusión y Fomento de la Cultura de la Evaluación, UNIDAD DE INFORMACIÓN Y FOMENTO DE LA CULTURA DE LA EVALUACIÓN
7. [https://historico.mejoredu.gob.mx/wp-content/uploads/2018/12/Planea\\_3.pdf](https://historico.mejoredu.gob.mx/wp-content/uploads/2018/12/Planea_3.pdf)
8. Obilor Esezi, Isaac, & Amadi, Eric Chikweru (2018). TEST FOR SIGNIFICANCE OF  
a. PEARSON'S COEFFICIENT (r). International Journal of Innovative Mathematics, Statistics & Energy Policies 6(1):11-23, Jan-Mar, 2018
9. Plan Nacional para las Evaluaciones de los Aprendizajes. (n.d.). Consultado el 6 de abril de 2021,  
a. de Gob.mx website: <http://planea.sep.gob.mx/>
10. PLANEA MEDIA SUPERIOR. (n.d.). Consultado el 6 de abril de 2021, de Gob.mx website:  
a. [http://planea.sep.gob.mx/ms/resultados\\_anteriores/](http://planea.sep.gob.mx/ms/resultados_anteriores/)
11. Quintero, Verónica, & Muñoz, Miguel, & Martínez, Claudia, & Díaz Ramírez, Arnoldo (2015).
12. CLUSTER INFORMÁTICO PARA MODELAR LA CORRELACIÓN DE LAS TIC Y LOS RESULTADOS ACADÉMICOS EN LA PRUEBA ENLACE. SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, 27(2),293-299.[fecha de Consulta 5 de Abril de 2021]. ISSN: 1315-0162. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427742245011>
13. Ratner, B. The correlation coefficient: Its values range between +1/-1, or do they?. *J Target Meas*
14. *Anal Mark* 17, 139–142 (2009). <https://doi.org/10.1057/jt.2009.5>
15. Sedgwick, P. (2012). Pearson's correlation coefficient. *BMJ*, 345(jul04 1), e4483.  
a. <https://doi.org/10.1136/bmj.e4483>

### Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## TEORÍA DE LA ACTIVIDAD, PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE LAS CIENCIAS EN INGENIERÍA.

**D. Ochoa-Vásquez<sup>1</sup>, F. Espín-González<sup>1</sup>, L. E. Rueda-Mata<sup>1</sup>, C. R. Moncada-Andino<sup>2</sup> y  
E. López-Durán<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec- [deyanira.ov@zacatepec.tecnm.mx](mailto:deyanira.ov@zacatepec.tecnm.mx), [faustino.eg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:faustino.eg@zacatepec.tecnm.mx), [laura.rm@zacatepec.tecnm.mx](mailto:laura.rm@zacatepec.tecnm.mx) <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec- [clara.ma@zacatepec.tecnm.mx](mailto:clara.ma@zacatepec.tecnm.mx) <sup>3</sup>Departamento de Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México - [enrique.ld@zacatepec.tecnm.mx](mailto:enrique.ld@zacatepec.tecnm.mx)

**Área de participación:** RETOS Y PERSPECTIVAS EN LA APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

**Resumen:** El presente artículo se refiere al uso de la Teoría de la Actividad como una guía para el desarrollo de habilidades y competencias en las ciencias, que permita mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje. La Teoría de la Actividad brinda la posibilidad de estructurar la actividad de los estudiantes y un camino de cómo dirigir desde un principio el proceso de enseñanza aprendizaje, utilizando una de las etapas de la asimilación, que es la Base de Orientación para la Acción (BOA). La BOA es una imagen de la acción y las condiciones en las que se va a realizar, de tal forma que le permita al estudiante desarrollar las habilidades del experto en la ejecución de una tarea y por ende el logro de la competencia. Por lo anterior el objetivo del proyecto es mostrar una forma de organizar y estructurar la actividad de asimilación del estudiante, para el desarrollo de las competencias en las ciencias.

### Introducción.

La necesidad de preparar en nuestra época un ingeniero que sea capaz de prever el futuro, de trabajar con las nuevas tecnologías, en equipo y auto educarse, de tal manera que sea competitivo a nivel nacional e internacional, requiere de cambios fundamentales y enfoques novedosos en la educación. Nuestra forma de enseñanza y sus mismos contenidos, en particular lo que respecta a las matemáticas, nos dice De Guzmán, tienen que experimentar reformas drásticas.

Esto nos conduce a la necesidad de promover, la actualización de los contenidos educativos, para lo cual se requiere adecuar los programas de estudio a las nuevas condiciones sociales e incorporar las habilidades y competencias que se requieran para un apropiado ejercicio de la profesión.

El perfeccionamiento de los métodos para enseñar los contenidos y para conducir el aprendizaje se ha dejado a criterio del profesor de nivel superior. Pero éste, ante el programa de una asignatura, generalmente se muestra indiferente, aceptándolo como verdadero e incuestionable, porque su preparación profesional original (Ingeniero o Licenciado) no le proporciona elementos que le permitan reconocer la importancia y necesidad de una actitud de indagación sobre su programa y su trascendencia en la formación de sus estudiantes.

Para que los estudiantes aprendan se requiere de métodos de enseñanza que den margen para que participen en el proceso de su aprendizaje, que estimule el desarrollo de su pensamiento, de sus capacidades, habilidades y competencias. Lograr desarrollar

habilidades y de esa forma contribuir a desarrollar competencias matemáticas es una tarea de los profesores de matemáticas.

### **Fundamento Teórico.**

En este trabajo se eligió la Teoría de la Actividad que concibe a la enseñanza como un proceso de dirección que se efectúa por el principio de la llamada “caja blanca o transparente”. En dicha teoría la enseñanza se entiende como un proceso donde se presentan tareas a resolver y la actividad se analiza de manera sistémica.

### **La Teoría de la Actividad**

Uno de los elementos que fundamenta este trabajo es la Teoría de la actividad que surge alrededor de 1920 con el enfoque dado por L. S. Vygotsky, él considera en la ley genética fundamental del desarrollo, que toda función psíquica aparece en acción dos veces, primero en el plano social (interpsicológico) y luego en el individual (intrapsicológico). Esta transición (interiorización), constituye una revolución en la comprensión de lo psíquico.

Vygotsky (1998), define el concepto de zona de desarrollo próximo (ZPD) como la distancia que media entre lo que el sujeto puede hacer solo y lo que puede lograr mediante la guía o cooperación del otro, en la solución de cierto problema o ejecución de una tarea. Leontiev quien formula la teoría de la actividad y plantea que “la actividad real que une al organismo con la realidad circundante, es la que determina el desarrollo tanto de la conciencia en su conjunto como de algunas funciones psíquicas” (Citado por: Talizina, 1994, p. 23). Posteriormente Galperin (1976), es quien logra establecer la estructura teórica de la tesis de Leontiev a través de una investigación sistemática del problema de la actividad mental. A fines de los años 40 quedaron establecidos los tres principios fundamentales de esta teoría, la aplicación concreta a los problemas de enseñanza se debe a N. F. Talizina.

### **Diseño de las tareas típicas.**

En cada uno de los objetivos de enseñanza deben quedar explícitos los conocimientos y habilidades que se requieren y el grado de generalidad (Hernández, 1998). Los objetivos se deben expresar en términos de acciones a realizar por el estudiante. De acuerdo a la Teoría de la actividad, (Talizina, 1994), menciona que: “cada uno de los objetivos de la asignatura debe ser descompuesto en tareas típicas, a modo de lograr a través de éstas que el estudiante vaya aproximándose al logro del objetivo” (p. 32).

Según refiere González O. (1990), la asimilación de conocimientos es un tipo de actividad y para que un estudiante aprenda, se requiere que él realice determinadas acciones. Por lo que, para cada profesor, el problema es lograr que el estudiante asimile el conocimiento, para ello requiere de organizar y estructurar correctamente la actividad.

La organización de la ejercitación se hace en torno a las tareas típicas y ello propicia alcanzar un nivel de generalidad, así como ejecutar las tareas en los diferentes niveles del logro cognoscitivo. Además, se diseña un sistema de control de las tareas típicas. La ejercitación es objeto de control desde el inicio del trabajo con cada nueva tarea típica,

el objetivo del control es desarrollar el autocontrol en el estudiante. En general, el proceso docente no sólo necesita el funcionamiento y buena organización de cada uno de sus componentes, sino del funcionamiento óptimo de todo el sistema como tal. Se considera importante realizar el control antes de comenzar la clase relativa a una nueva tarea típica, con la finalidad de indagar el grado de dominio de los contenidos o tareas típicas que se requieren para la actividad que se inicia.

### **Base de orientación para la acción (BOA)**

Existen ocho tipos de BOA, para este trabajo tomaremos la BOA tipo III y de hecho de aprendizaje, se caracteriza por la asimilación del enfoque de sistema de la signatura objeto de estudio, donde la orientación no se da aplicándose a un objeto concreto, sino que le permite al individuo llegar a una orientación para cada paso particular y donde el sujeto elabora la orientación por sí mismo y de manera completa. Una BOA de este tipo se convierte en el objeto de asimilación (Linares, 1995).

En la ejecución de toda acción siempre se presentan los aspectos de orientación, ejecución y control. La teoría de la actividad plantea que: la parte orientadora de la acción está relacionada con la utilización por el hombre del conjunto de condiciones concretas, necesarias para el exitoso cumplimiento de la acción dada, a través de la parte ejecutora se transforma en el objeto de la acción que puede ser material o conceptual, y el control persigue la marcha de la acción, confronta los resultados que se van obteniendo en la ejecución con el modelo de orientación” (Talizina, 1994, p.59). Estas tres partes pueden tener diferentes grados de amplitud o de complejidad, pero siempre aparecen al realizar cualquier acción o ésta no puede ser ejecutada.

La acción al igual que la actividad es subjetiva, es decir, “pertenece al sujeto y siempre interviene como actividad de una personalidad concreta. Este lenguaje de la psicología puede trasladarse al lenguaje de la pedagogía y hablar de habilidades como un conjunto de acciones”, (Linares, 1995, p.28). De acuerdo a la teoría, la actividad está compuesta de acciones y las acciones de operaciones, si las operaciones no se llevan a cabo debidamente, la actividad no se realiza de forma correcta. Esto quiere decir, que para tener éxito al realizar alguna acción es necesario tener el dominio de las operaciones, por lo que se necesita ejecutarlas repetidamente, de forma organizada y con un fin determinado para que adquiera un nivel de hábito, (Linares, 1995).

### **Resultados y Discusión.**

En este trabajo se muestran los resultados de la asignatura de Matemáticas discretas de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, específicamente el tema dos de “Conjuntos y Relaciones” considerando los fundamentos teóricos antes mencionados. Se discuten los resultados del desarrollo del subtema “Relaciones”.

Dos de las competencias de acuerdo a los puntos 1, 4, 6 y 11 del perfil profesional de un ingeniero en sistemas computacionales (TecNM mayo de 2016) y de la competencia de la asignatura de matemáticas discretas son: diseñar y modelar. Estas competencias están relacionadas con las marcadas en la competencia específica de la asignatura, así

como del subtema, que son: conocer, aplicar y resolver, dichas competencias se deben desarrollar durante la asignatura.

Considerando la teoría, se propone la competencia específica del subtema de Relaciones: Resolver ejercicios de relaciones, identificando y asociando sus propiedades, así como la formalización en sus diversas representaciones y propiedades. Además, se debe garantizar el nivel de partida del estudiante, es decir, debe conocer las operaciones con conjuntos, su simbología y su representación gráfica, una forma para que este punto se cumpla es dejar una tarea en donde el estudiante exponga los puntos mencionados. Como lo indica la teoría el objetivo (competencia) debe descomponerse en tareas típicas, a modo de lograr que a través de estas el alumno vaya aproximándose al logro de la competencia.

A partir de cada tarea típica, debe deducirse el conocimiento con el que se va a trabajar y las habilidades a desarrollar. En la tabla 1 se muestran las tareas típicas, los conocimientos y habilidades.

**Tabla 1.** Tareas típicas

Tareas típicas	Conocimientos	Habilidades
Representar una relación en forma tabular, gráfica y matricial.	Tablas, grafos y matrices.	Representar y asociar.
Identificar las propiedades que poseen las relaciones.	Propiedades de los números reales, conjuntos y relaciones.	Asociar e identificar.
Utilizar las relaciones en la resolución de problemas.	Propiedades de los números reales, conjuntos, operaciones gráficas, matrices y los conocimientos asociados al problema.	Asociar, identificar, representar y formalizar.

Fuente: Elaboración propia...

De acuerdo a la recomendación de la ACM-IEEE (Asociation of Computer Machinery – Institute of Electrical and Electronics Engineers) es importante desarrollar en los Ingenieros dos conceptos que son los de vincular y modelos conceptuales y formales, estos conceptos se pueden asociar con las habilidades que queremos desarrollar debido a que se definen y se describen de forma muy similar a como se hace dentro de la teoría de la actividad. El concepto vincular se define como: El proceso de hacer más concreta a una abstracción al asociar propiedades a la misma (ACM – IEEE, 1991). Algunos ejemplos son: la asociación de un proceso común a un procesador, asociar un tipo con un nombre variable, asociar una biblioteca de programas objeto con una referencia simbólica a un subprograma, instanciación en programación lógica, etc.

Por eso es importante mostrar el sistema de acciones que forman la habilidad de asociar. Asociar, es un procedimiento elemental que el hombre utiliza muchas veces en su vida. Mediante éste se establece que un cierto objeto tiene una determinada propiedad y es el mismo cualquiera sea el objeto y cualquiera sea la propiedad (Campistrous, 1993).



Por eso es importante analizar y explicitar el sistema de acciones que forman la habilidad de asociar. Para asociar se deben recordar propiedades del objeto. En este caso los objetos matemáticos son: las tablas, gráficas, matrices y propiedades. Recordar presupone comprobar si el objeto posee o no alguna propiedad para asociarlo.

Asociar implica primeramente identificar las características de cada uno de los objetos, sobre la base de sus rasgos esenciales, también comprende representar cada uno de los objetos sobre la base de las diferentes características y representaciones de los objetos, así como relacionar un objeto con otro a partir de sus propiedades comunes.

En la tabla 2 se muestra la BOA para desarrollar la habilidad de asociar, así como las operaciones y preguntas de control.

**Tabla 2.** Base de orientación para acción de la habilidad de asociar.

Acciones	Operaciones	Preguntas de control
Identificar las características de cada uno de los objetos.	Leer el enunciado. Distinguir los elementos que intervienen en la relación (elementos, conjuntos). Caracterizar los elementos.	¿Conozco todas las palabras del enunciado?, ¿Entiendo que dice el enunciado?, ¿Conozco todos los elementos que intervienen?, ¿Las características que estoy determinando son las adecuadas?
Representar cada uno de los objetos.	Identificar los elementos comunes. Comparar los elementos comunes. Seleccionar los elementos comunes.	¿Existen algunos elementos que tengan en común todos los objetos?, ¿Esos elementos los hacen iguales?, ¿Son todos los elementos que tienen en común?, ¿Hay algún elemento que estoy descartando?
Relacionar un objeto con otro a partir de sus propiedades comunes.	Asignar los elementos comunes a las representaciones. Señalar las diferentes posibilidades. Concluir con las diferentes posibilidades.	¿Asigné los elementos comunes adecuadamente?, ¿Las representaciones se pueden relacionar con esos elementos?, ¿Existe algún elemento que no he considerado?

Fuente: Elaboración propia...

Para desarrollar mejor las habilidades la teoría de la actividad menciona que se pueden utilizar como apoyo para los estudiantes al resolver ejercicios o problemas tarjetas de estudio o de conocimiento. En este caso, para resolver los ejercicios y problemas se elaboró una tarjeta de conocimientos, que contiene las propiedades de las relaciones y sus características con base en sus diferentes representaciones, para que sirvan de apoyo a los estudiantes en el momento de resolver los ejercicios y problemas. Por último, la teoría nos dice que se debe organizar la ejercitación en torno a las tareas típicas con

el propósito de propiciar y alcanzar el nivel de generalidad, así como ejecutar las tareas en los diferentes niveles del logro cognoscitivo (Talizina, 1994).

### **Conclusiones.**

La teoría de la actividad es adecuada como guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje debido a que permite al estudiante dirigir desde el inicio su aprendizaje y al profesor su enseñanza. Las Bases de Orientación le dan al estudiante la oportunidad de dirigir de forma fácil sus propias acciones de aprendizaje, permitiendo que asimile los conocimientos y aprenda; que sea consciente de su proceso, de tal forma que con la práctica actúe de manera independiente. Además, permite el desarrollo de las habilidades y competencias en las ciencias.

### **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. Campistrous, P y Rizo, C. (1993). *Lógica y Procedimientos Lógicos en la Enseñanza de la Matemática*. L Habana, Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Reporte interno.
2. Computing Curricula. (1991). Report of the ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force 1990, N. Y.
3. De Guzmán, M. (1992). *Tendencias innovadoras en educación matemática*, Madrid. ©Miguel de Guzmán.
4. Galperin, P. Y. (1976). *Introducción a la psicología. Un enfoque dialéctico*. Madrid. Pablo del Río.
5. González, O. (1990). *Perfeccionamiento de la enseñanza de las disciplinas y la formación de habilidades y capacidades específicas*. La Habana: Ediciones del autor.
6. Hernández, F. (1998). *Cuestiones de didáctica de la matemática*, argentina. Ediciones Homo Sapiens.
7. Linares, F. (1995). *La enseñanza de las Matemáticas en Educación Superior*. México. Universidad Autónoma de Guerrero.
8. Talizina, N. (1994) *Los fundamentos de la enseñanza en educación superior*. UNAMX – Ángeles Editore. Traducción del ruso: Rafael Bell Rodríguez.
9. Vygotsky, L.S. (1998). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona. Grijalbo.

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*

## LIBRERÍAS PARA GENERADORES DE NÚMEROS PSEUDOALEATORIOS

**O. A. Pliego-Martínez<sup>1</sup>, E. De la Cruz-Nicolás<sup>2</sup>, A. Gómez-Cárdenas<sup>3</sup> y C. M. Romano-Acevedo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Milpa Alta

[odette.pm@milpaalta.tecnm.mx](mailto:odette.pm@milpaalta.tecnm.mx) Independencia Sur No. 36, Colonia San Salvador Cuauhtenco, Alcaldía Milpa Alta, C.P. 12300, CDMX <sup>2</sup>Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Cuautla [ernesto.delacruz@cuautla.tecnm.mx](mailto:ernesto.delacruz@cuautla.tecnm.mx) <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Cuautla [angelica.gomez@cuautla.tecnm.mx](mailto:angelica.gomez@cuautla.tecnm.mx) <sup>4</sup>Departamento de Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Cuautla [carlos.romano@cuautla.tecnm.mx](mailto:carlos.romano@cuautla.tecnm.mx)

**Área de participación:** Retos y perspectivas en la aplicación de las ciencias básicas

**Resumen:** En la vida cotidiana suceden diversos eventos donde en ocasiones resulta complejo modelar y estimar los parámetros, ya que las características de los problemas que se presentan en la realidad han surgido de la necesidad de experimentar con procesos que tienen un enfoque probabilístico y que llevan al uso de observaciones aleatorias. Con la tecnología, la utilización de generadores de valores aleatorios para resolver diversos problemas y su aplicación ha tenido un gran avance en la generación de algoritmos matemáticos. Por tal motivo en este trabajo, se crean librerías para generar números pseudoaleatorios, basadas en algún algoritmo de generación de valores aleatorios para que el usuario pueda hacer uso de esta herramienta y aplicarla.

### Introducción.

Con frecuencia se requieren estudiar diversos sucesos no deterministas que se presentan en la realidad para estimar el comportamiento de los mismos; sin embargo, en muchas ocasiones dicho comportamiento de los eventos no se puede analizar de forma analítica. Para dar solución y modelar este tipo de problemas que se suscitan, se hace uso de valores aleatorios; ya que el patrón del caso a estudiar sigue una conducta del tipo probabilística. Por ejemplo la técnica de simulación hace uso de valores aleatorios para analizar los sistemas y así entender qué sucede con los procesos a fin de dar una solución a ellos.

De acuerdo a (Ríos Insúa, Ríos Insúa, Martín Jiménez, & Jiménez Martín, 2009), una forma de generar números aleatorios antiguamente se basaba en el uso de mecanismos físicos; entre las distintas propuestas se incluye el ruido blanco producido por circuitos electrónicos, el recuento de partículas radiactivas emitidas, el lanzamiento de monedas, el ruido atmosférico, etc. Conforme ha avanzado el tiempo, han surgido diversos métodos para generar números aleatorios a lo largo de la historia como lo son los de forma manual, el uso de tablas, los analógicos y hoy en día se hace uso de la tecnología. Esto ha traído consigo un gran avance en la investigación y mayor precisión en las características de los números que se generan.

En el trabajo de (Becerra Córdova, 2016) “Un sistema Generador de Números Pseudoaleatorios para poder generar una simulación que incluya variabilidad dentro de los eventos”, se elaboró un sistema que genera números pseudoaleatorios por medio de diferentes algoritmos; el mismo sistema realiza las pruebas para determinar que los

valores generados son independientes y uniformes. Dicho sistema también permite exportar a una hoja de cálculo los números generados.

(Carrillo, Mariño, & López) Hacen uso de las tecnologías de la información y comunicación al desarrollar “Un Software para el aprendizaje de números pseudoaleatorios y pruebas de hipótesis (SIANP)”. Este software educativo instruccional acompaña el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Modelos y Simulación de la asignatura de Modelos y Simulación de la Licenciatura en Sistemas de Información de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

En el trabajo “Construcción de una Librería de Números Pseudoaleatorios y Muestras Artificiales con Matlab” de (Primorac, López, & Mariño, 2011) crearon una librería de números pseudoaleatorios para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos de la asignatura de Modelos y Simulación de la Licenciatura en Sistemas de Información de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

(Espinosa Pérez, Sánchez Ramírez, & García Coste, 2018) a través de su trabajo “Sim 1.0, Biblioteca de algoritmos en R” para el apoyo a la asignatura de Simulación, implementaron una biblioteca de carácter didáctica utilizando el software R que contenga la totalidad de los algoritmos utilizados en la asignatura de Simulación en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas, impartida en la Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba. Sim pone a disposición algoritmos para la generación de números aleatorios.

Hoy en día se continúa trabajando con la generación de números aleatorios; mismos que resulten ser más eficientes en cuanto a uniformidad, independencia y la extensión de datos. Existen diversos lenguajes de programación, software de simulación, entre otros; donde se puede utilizar la herramienta random y generar los valores aleatorios deseados; sin embargo, acorde a (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2013) una de las primeras tareas que es necesario llevar a cabo consiste en determinar si los números que utilizaremos para correr o ejecutar son realmente aleatorios o no. Esto sucede porque sólo estamos utilizando la función y desconocemos el método que está trabajando.

Por ejemplo, en el campo de la enseñanza algunos alumnos utilizan la aplicación de random que contiene el lenguaje de programación o algún software especializado para trabajar en las diversas actividades que se les han asignado; pero desconocen sobre qué método se basa esta aplicación y no siempre funciona para el proyecto a tratar porque los datos están manipulados. Dentro de la simulación la generación de números aleatorios es de gran importancia, ya que estos valores permiten obtener las variables estocásticas que definan el comportamiento de algún evento y así poder modelar el sistema a analizar. En el ámbito laboral, los programadores, en sus diversos proyectos requieren la utilización de valores aleatorios; sin embargo, los valores generados con la

herramienta predeterminada no siempre es de ayuda para el trabajo en cuestión o los resultados en ocasiones no suelen ser del todo eficientes.

El presente trabajo tiene la finalidad de crear librerías en el Lenguaje de Programación Java, que generen números pseudoaleatorios basados en el método congruencial lineal multiplicativo a partir de parámetros, cuyos valores han sido evaluados para la generación de números aleatorios.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚMEROS ALEATORIOS

Definición: Una sucesión de números es aleatoria si no puede producirse eficientemente mediante un programa más corto que la propia serie (Ríos Insúa, Ríos Insúa, Martín Jiménez, & Jiménez Martín, 2009).

Es importante hacer notar que una secuencia aleatoria de números no se puede predecir. Su comportamiento se puede describir únicamente por sus propiedades estadísticas.

Propiedades que cumplen los números aleatorios (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2013):

- 1) El conjunto de valores debe estar uniformemente distribuido.

$$f(u) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq u \leq 1 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

- 2) La media esperada del conjunto de valores debe tener un valor de 0.5.  $\mu = \frac{1}{2}$

- 3) La varianza debe tener un valor de 1/12.  $\delta^2 = \frac{1}{12}$

- 4) Independencia. Esta propiedad indica que no exista correlación entre el conjunto de valores.

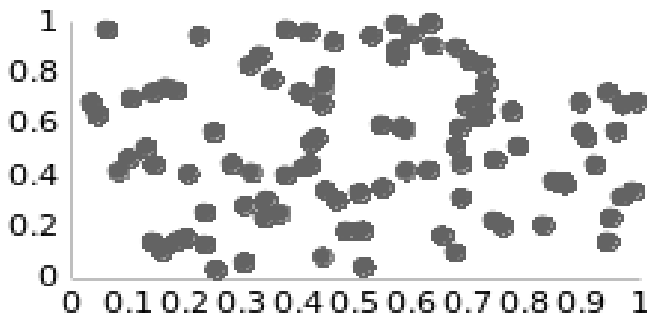


Figura 1. Gráfica de valores aleatorios.

Al conjunto de números generados a través de algoritmos determinísticos con parámetros de arranque, donde se requieren obtener valores al azar, son llamados números pseudoaleatorios, figura 1. Estos valores se comportan de manera muy similar a los números aleatorios; cumplen las condiciones de no correlación, independencia lineal, uniformidad y la cantidad de valores grande con el fin de que los resultados en el experimento a trabajar sean contundentes.

Lo más conveniente y fiable para generar números pseudoaleatorios, es utilizar métodos determinísticos que reproduzcan la sucesión de valores aleatorios con una base sólida y fundamentada matemáticamente. Para ello se utilizan algoritmos que generan números que se asemejan a los aleatorios y cumplen las propiedades de los mismos:

- Producen una secuencia de números entre 0 y 1 que simule las propiedades ideales de distribución uniforme y de independencia.
- En la práctica ninguna función produce datos aleatorios verdaderos. Las funciones producen números pseudoaleatorios.
- La eficiencia computacional, consumo de memoria, implementación, la reproducción, un periodo de vida suficientemente largo, entre otros.

## DEFINICIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA GENERACIÓN DE NÚMEROS PSEUDOALEATORIOS

En la literatura existen diversos generadores de números aleatorios; algunos han resultado más eficientes que otros, con respecto a la velocidad, la cantidad de valores que genera, etc. De los más conocidos son el método de cuadrados medios, los generadores de Fibonacci, la variedad de los métodos congruenciales, generadores no lineales, generadores combinados, etc. Los métodos congruenciales son ampliamente utilizados, ya que son los que mejor satisfacen los criterios requeridos. Para la generación de valores pseudoaleatorios, estos métodos son secuenciales; es decir cada nuevo número de la sucesión se ha generado por uno o más de los elementos precedentes de la sucesión.

El objetivo de un método es la generación en un tiempo mínimo de sucesiones de números aleatorios con periodos máximos. Revisaremos las características matemáticas de uno de los métodos antes mencionados.

### MÉTODO CONGRUENCIAL LINEAL MULTIPLICATIVO (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2013)

El método congruencial lineal multiplicativo es uno de los que representa un cambio fundamental en los métodos de experimentación basados en números aleatorios. Este método surge del generador congruencial lineal propuesto por D.H. Lehmer alrededor de los años 50. El método inicia con el valor inicial de una semilla y los parámetros  $a$  y  $m$ . A partir de estos datos se calcula una sucesión de enteros no negativos, cada uno de los cuales es menor que el módulo  $m$ . Los valores se obtienen de manera recursiva y están definidos por la siguiente expresión  $x_i = (ax_{i-1}) \bmod m$ .



Para obtener los valores aleatorios en el intervalo  $(0,1)$  se obtiene a través  $u_i = \frac{x_i}{m}$

La elección de  $m$  debe ser computacionalmente adecuada, por tal motivo de acuerdo a Banks, Carson Nelson y Nicol, las condiciones que deben cumplir los parámetros para que el algoritmo alcance su periodo máximo son (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2013)  $m = 2^g$ ,  $g \in Z^+$ ,  $a = 5 + 8k$ ,  $k = 0,1,2, \dots$  y  $s =$  semilla número par.

A partir de estas condiciones se puede lograr obtener un periodo de vida máximo  $N = \frac{m}{4} = 2^{g-2}$ .

Algunos de los generadores, basados en el algoritmo congruencial multiplicativo, más famosos que se han implementado para diversos softwares comerciales son:

$$x_i = (7^5 x_{i-1}) \bmod (2^{31} - 1) \quad x_i = (630.360.016 x_{i-1}) \bmod (2^{31} - 1)$$

$$x_i = (69.621) \bmod (2^{31} - 1) \quad x_i = (5^{13} x_{i-1}) \bmod (2^{35})$$

## IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS PSEUDOALEATORIOS EN EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN JAVA

En diversos lenguajes de programación existe el concepto de librería; la cual se puede definir como un conjunto de módulos que contienen una serie de métodos y atributos ya programados. Uno de los objetivos de las librerías es facilitar ciertas operaciones o reutilizar código, haciendo uso de sus métodos que componen las librerías, reutilizar el código para desarrollar aplicaciones más grandes o hacerlos más rápidos.

En este trabajo se utiliza el lenguaje de programación Java para implementar los algoritmos de números pseudoaleatorios, que se describe a continuación.

1.- Se crea una librería en Java con el nombre de Aleatorios\_clm\_cnl (figura 2), dicha librería contiene un método denominado Generaclm que contiene el algoritmo congruencial multiplicativo para la generación de números aleatorios.

2.-En la figura 4 a partir de un proyecto en Java se agrega la librería que se desarrolló en el punto 1; así mismo en la figura 5 se muestra la creación del objeto y se hace uso del método que se encuentran en la librería agregada.

```

1 package clm;
2
3
4 import java.io.BufferedReader;
5 import java.io.InputStreamReader;
6 import java.util.Scanner;
7
8 /**
9  *
10  * @author neto
11  */
12 public class Aleatorios_clm_cnl
13 {
14     public void GeneraCnl()
15     {
16         Scanner bufEntrada = new Scanner(System.in);
17         double a;
18         int g;
19         int i;
20         int k;
21         double m;
22         int n;
23         int s;
24         double u;
25         double x;
26         System.out.println("Cantidad de números a generar:");
27         n = bufEntrada.nextInt();
28         System.out.println("Ingrese la semilla:");
    
```

Figura 2. Desarrollo de la librería.

### Algoritmo congruencial multiplicativo (a.c.m.)

Paso 1: Seleccionar una semilla  $s$  y la cantidad de números aleatorios  $n$  a generar.

Paso 2: Seleccionar los valores de  $k$  y  $g$  para obtener los parámetros  $a$  y  $m$ .

$$m = 2^g a = 5 + 8k$$

Paso 3: Sea  $x_i = (ax_{i-1}) \bmod m$ . El valor inicial de  $x_{i-1}$  es la semilla.

Paso 4: Hacer  $u_i = \frac{x_i}{m}$

Paso 5: Repetir el paso 3 y 4 hasta obtener los  $n$  números aleatorios.

Figura 3. a.c.m.

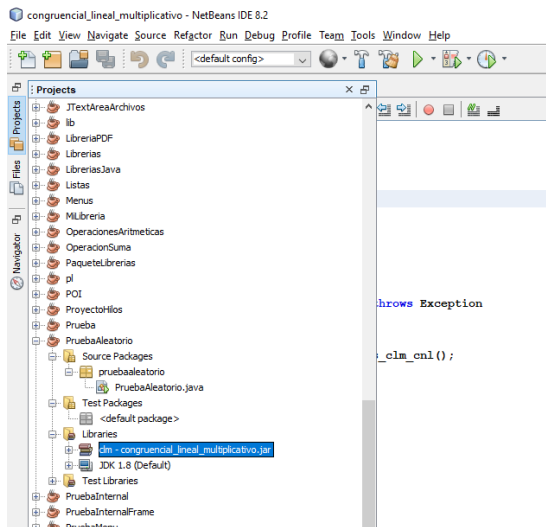


Figura 4. Se agrega la librería en el proyecto.

```

1 package pruebaaleatorio;
2
3
4 import clm.Aleatorios_clm_cnl;
5
6
7 public class PruebaAleatorio
8 {
9     public static void main(String[] args) throws Exception
10    {
11        Aleatorios_clm_cnl z=new Aleatorios_clm_cnl();
12        z.GeneraCnl();
13    }
14 }
    
```

Figura 5. Llamada del método para la generación de números pseudoaleatorios

## Resultados y Discusión.

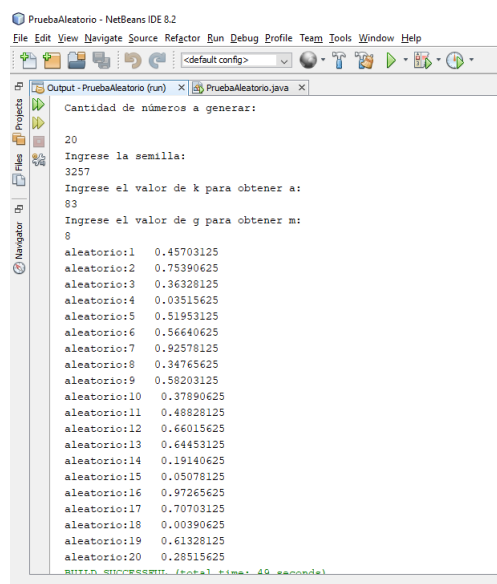
En la figura 6 y 7 se muestra la ejecución del proyecto creado del punto 3, que implementa una librería que contiene un algoritmo de generación de números pseudoaleatorios con los parámetros de acuerdo a ciertos valores proporcionados para el método congruencial multiplicativo.

*Parámetros que se ingresaron del  
algoritmo congruencial  
multiplicativo*

$$\begin{aligned}n &= 20 \\s &= 3257 \\k &= 83 \\g &= 8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= 2^8 = 256 \\a &= 5+8(83) = 669\end{aligned}$$

Figura 6. Parámetros del a.c.m.



```
PruebaAleatorio - NetBeans IDE 8.2
File Edit View Navigate Source Refactor Run Debug Profile Team Tools Window Help
<default config>
Output - PruebaAleatorio (run) x PruebaAleatorio.java x
Cantidad de números a generar:
20
Ingrese la semilla:
3257
Ingrese el valor de k para obtener a:
83
Ingrese el valor de g para obtener m:
8
aleatorio:1 0.45703125
aleatorio:2 0.75390625
aleatorio:3 0.36328125
aleatorio:4 0.03515625
aleatorio:5 0.51953125
aleatorio:6 0.56640625
aleatorio:7 0.92578125
aleatorio:8 0.34765625
aleatorio:9 0.58203125
aleatorio:10 0.37890625
aleatorio:11 0.48828125
aleatorio:12 0.66015625
aleatorio:13 0.64453125
aleatorio:14 0.19140625
aleatorio:15 0.05078125
aleatorio:16 0.97265625
aleatorio:17 0.70703125
aleatorio:18 0.00390625
aleatorio:19 0.61328125
aleatorio:20 0.28515625
NULL SUCCESSFUL (total time: 49 seconds)
```

Figura 7. Generación de números pseudoaleatorios.

La librería permite que el usuario ingrese ciertos valores para los parámetros; de esta manera se generaron los valores pseudoaleatorios, específicamente del a.c.m. Dichas librerías permitirán seleccionar el método a elegir, el usuario podrá ingresar los parámetros y obtendrá los valores aleatorios.

En la enseñanza el alumno podrá observar las diferencias que existen entre cada generador y en los valores que se ingresan, considerando el algoritmo seleccionado.

Un lenguaje como java tiene su propia función random para generar números aleatorios; no obstante, la característica de los valores en ocasiones resultan no ser tan eficientes; debido a que los valores generados son datos manipulados. A partir de los valores aleatorios generados, el usuario podrá manipularlos de acuerdo al proyecto que esté trabajando.

De acuerdo al algoritmo de generación de números pseudoaleatorios que se esté usando, el usuario podrá hacer uso de esos valores generados sin manipulación.

En un futuro, se pretende implementar librerías que permita aplicar pruebas estadísticas a los valores generados, con la finalidad de analizar la independencia y su uniformidad.

También mostrar una ayuda para cada generador de números aleatorios, donde el usuario pueda seleccionar algunos parámetros sugeridos que han mostrado dar buenos resultados.

## Conclusiones.

Se concluye que los números aleatorios en los lenguajes de programación se generan de una manera manipulada y generalizada sin tomar en cuenta el contexto y la característica de dichos valores. Si se cuenta con una librería que permita tener varios algoritmos de generación de números aleatorios y que permita aceptar los parámetros necesarios para la generación de los mismos, se tendrán números pseudoaleatorios con características de valores aleatorios que permitirán utilizarlos de acuerdo al entorno en el que se encuentre trabajando.

## Agradecimientos.

Doy gracias a los colaboradores del Instituto Tecnológico de Milpa Alta que con su apoyo se pudo concretar este trabajo, especialmente el Maestro Ernesto De la Cruz por sus ideas.

## Referencias

1. D. Ríos Insúa, S. Ríos Insúa, J. Martín Jiménez y A. Jiménez Martín, Simulación Métodos y Aplicaciones, México: Alfaomega, 2009.
2. G. Becerra Córdova, UN SISTEMA GENERADOR DE NÚMEROS PSEUDO ALEATORIOS, *ResearchGate*, 2016.
3. C. Carrillo, S. I. Mariño y M. V. López, Software interactivo para el aprendizaje de números pseudoaleatorios y pruebas de hipótesis (SIANP).
4. C. R. Primorac, M. V. López y S. I. Mariño, CONSTRUCCIÓN DE UNA LIBRERÍA DE NÚMEROS PSEUDOALEATORIOS Y MUESTRAS ARTIFICIALES CON MATLAB, *INVESTIGACIÓN OPERATIVA*, nº 32, pp. 241-257, 2011.
5. D. L. Espinosa Pérez, E. Sánchez Ramírez y J. J. García Coste, SIM 1.0, BIBLIOTECA DE ALGORITMOS EN R PARA EL APOYO A LA ASIGNATURA DE SIMULACIÓN, *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa (REFCaE)*, vol. 6, nº 3, pp. 29-40, 2018.
6. E. García Dunna, H. García Reyes y L. E. Cárdenas Barrón, Simulación y análisis de sistemas con Promodel, México: Pearson, 2013.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

## EL EJERCICIO DE LIDERAZGO DOCENTE EN EL ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS: EL CASO DE UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO.

J. Recillas-Román<sup>1</sup>, M. Domínguez-Gutiérrez<sup>1</sup> y D.H. Muñoz-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Zacatepec-,  
[jesus.rr@zacatepec.tecnm.mx](mailto:jesus.rr@zacatepec.tecnm.mx), [mirla.dg@zacatepec.tecnm.mx](mailto:mirla.dg@zacatepec.tecnm.mx) [donaciano.mh@zacatepec.tecnm.mx](mailto:donaciano.mh@zacatepec.tecnm.mx),  
Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México.

*Área de participación: Retos y perspectivas en la aplicación de las ciencias básicas*

**Resumen:** Partiendo del análisis de los tópicos y teorías, así como aspectos teóricos generalmente aceptables del liderazgo, y las particularidades del educativo sostenible, se presenta una investigación del tipo estudio de casos, soportado en paralelo sobre un diseño etnográfico clásico y un tipo de muestreo que corresponde al no probabilístico, orientado hacia la investigación cualitativa, de tipo homogéneo, que consta de doce actores seleccionados por su representatividad y caracterización dentro del departamento de ciencias básica de la institución educativa de nivel superior en la cual se llevó a cabo la presente investigación, en adelante llamado, el Instituto.

Los instrumentos de recolección de datos aplicables son la observación, la entrevista semiestructurada, los grupos de enfoque y el diario de reflexión. Para la interpretación y análisis de datos, posterior a la recolección, se procedió a la ejecución de tres procedimientos para tal efecto: la suma categórica o interpretación directa, la correspondencia y modelos, así como las generalizaciones naturalistas.

Todo lo anterior, con el objetivo de poder concluir el presente trabajo de investigación, con la presentación del planteamiento de una propuesta de actualización profesional que contemple la incorporación de aspectos de liderazgo docente en la práctica diaria de los profesores del departamento de ciencias básicas del Instituto; sin perder de vista, que las variables de incidencia en la caracterización del perfil del docente líder, nunca deben apartarse de la búsqueda por una educación de excelencia.

### Introducción.

A la fecha, el Instituto ha implementado una transformación amplia y profunda en su dinámica institucional, desde los cambios que el gobierno federal ha dictado en las áreas de filosofía educativa y contenido programático de los temas que integran las distintas carreras de la educación superior. Y aunque estas reformas también abordan la labor docente, pocas vertientes pegan significativamente en el tema del liderazgo de ésta, ni de su trascendencia en la sociedad, con lo cual, la modificación a la política gubernamental en materia educativa, no significa un verdadero cambio por si sola. Por su naturaleza de institución pública, su vida institucional se enmarca en el modelo tradicionalista educativo y en la estructura jerárquica vertical de su organigrama, lo cual influye significativamente en su operación y administración y, por supuesto en la forma en que se lleva a cabo el proceso de enseñanza aprendizaje. De lo anterior se desprende la importancia del análisis, definición y comprensión del liderazgo, su trascendencia en la práctica docente y su influencia en la vida educativa actual.

### Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Para Barber y Mourshed (2007) el liderazgo es el segundo factor de importancia en la gama de aspectos internos de una institución educativa, por cuanto al impacto en la calidad educativa se refiere. Lo ubican en segundo lugar por debajo de la labor docente

y según el informe McKinsey influye directamente en lo que aprende el alumno, y explica alrededor del 25% de todos los fenómenos escolares.

Existen diversas y muy variadas acepciones del término liderazgo, dos de ellas, importantes para este estudio por su relación con la tarea educativa, son las siguientes: “El liderazgo es el proceso de influencia entre líderes y seguidores para lograr los objetivos organizacionales por medio del cambio” (Lussier y Achua, 2011, p.6). “El liderazgo es la capacidad de influir en las personas para que se esfuercen voluntaria y entusiastamente en el logro de las metas del grupo” (Elizondo y Torres, 2001 p. 66).

Esta última definición implica cuatro capacidades, la de usar el poder, la de comprender, la de inspirar y la de actuar. Después de tener una definición más clara de la palabra liderazgo, es importante conocer sobre las teorías que se han generado a lo largo de su estudio. “Una teoría de liderazgo es una explicación de algún aspecto del liderazgo; las teorías tienen un valor práctico porque se utilizan para entender, elaborar pronósticos y controlar mejor un liderazgo efectivo” (Lussier y Achua, 2011, p.15). Así como de los paradigmas del liderazgo, teniendo claro que se trata de “un estado mental que representa una forma fundamentada de pensar, percibir, estudiar, investigar y entender el liderazgo” (Lussier y Achua, 2011, p.16). Destacando entre los principales:

- El paradigma de la teoría de los rasgos, mediante el cual se explican las características distintivas que representan la eficacia del liderazgo.
- El paradigma de la teoría de comportamiento del liderazgo, que tratan de los estilos distintivos utilizados por líderes efectivos o sobre la definición de la naturaleza de su trabajo.
- El paradigma de la teoría de liderazgo por contingencia, a través del cual se explica el estilo de liderazgo apropiado con base en el líder, los seguidores y la situación.
- El paradigma de la teoría de liderazgo integrador, que intenta combinar las teorías de los rasgos, de comportamiento y de contingencia para explicar las exitosas relaciones de influencia entre el líder y los seguidores.

Para la interpretación y análisis de datos, posterior a la recolección, se procedió a la ejecución de tres procedimientos para tal efecto. La suma categórica o interpretación directa, la correspondencia y modelos, así como las generalizaciones naturalistas, bajo la siguiente secuencia procedimental y de análisis:



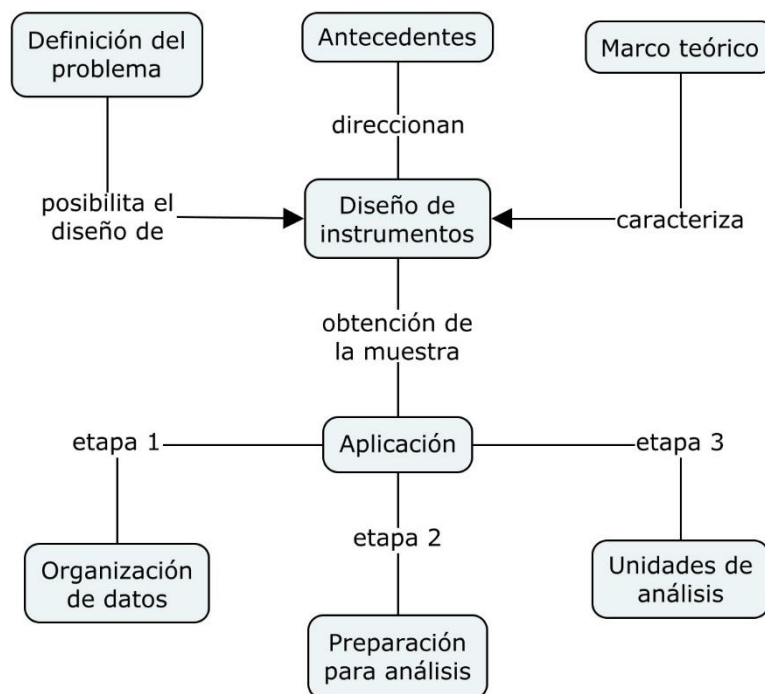


Figura 1. Secuencia procedimental de análisis.

Durante la etapa 1 de organización de los datos, se determinan los criterios de organización y clasificación de los datos mediante herramientas como matrices o diagramas que permitan un análisis claro, ágil y pertinente.

En la segunda etapa de preparación previa al análisis, se tiene la transcripción y procesamiento de los instrumentos válidos de recolección de datos, para analizar tan solo lo que es útil para la investigación, mediante un proceso de depuración que permita descartar aquellos datos que, de acuerdo a la observación del diario del investigador, en la inmersión profunda, presenten sesgo, parcialidad o tendencia claramente identificada en lo proporcionado por algún actor de la muestra.

Posteriormente dio inicio la etapa secundaria de análisis, donde en la suma categórica o interpretación directa, se utilizaron dos estrategias básicas: la primera fue la asimilación inmediata de los datos, en aquellas preguntas o componentes de instrumentos cuya respuesta era bivalente excluyente, es decir, afirmando o negando.

La segunda fue la suma de ejemplos, en los cuales una determinada secuencia en los reactivos da paso a la interpretación de los datos y la traducción de entidades abstractas a sentencias con significado adquirido.

Algunos otros reactivos, principalmente en los formatos de entrevista semiestructurada, ofrecieron respuestas a base de ejemplos, lo que llevó al investigador a recurrir a la técnica de correspondencia y modelos, en la cual se busca el significado a partir de modelos que establece consistencias e inconsistencias en la información.

Finalmente, el procedimiento de generalizaciones naturalistas surge cuando las respuestas en los formatos de registro de observación, entrevista semiestructurada, grupos focales y diarios de reflexión, ofrecen experiencias personales e incluso privadas, que derivan de la experiencia de los actores previamente seleccionados en la muestra.

## Resultados y Discusión.

En la siguiente matriz se muestran las categorías y subcategorías que se desprenden del proceso de obtención de datos y resultados, dentro del análisis de los mismos:

Tabla 1. Matriz de categorización

Categoría	Comprende	Subcategorías
Categoría 1. Apreciación y pertenencia institucional.	En lo referente a esta categoría, se agrupan y codifican las respuestas de los docentes a las entrevistas semiestructuradas, así como a los extractos de la observación en espacios comunes y el aula de clase.	Subyacen tres sub categorías, la de apreciación del instituto, relaciones institucionales y pertenencia institucional.
Categoría 2. Definición del liderazgo docente.	La segunda categoría que surge en el análisis de la información y su codificación, concentra las formas en que los actores conciben el liderazgo docente, en la influencia de su entorno y de forma generalizada	Conceptualización y caracterización
Categoría 3. Percepción del liderazgo docente en el Instituto.	En esta tercera categoría, se compilan las percepciones generales sobre el tema y presencia del liderazgo docente en el instituto.	No se identifican sub categorías.
Categoría 4. Incidencia del Instituto en el desarrollo del liderazgo docente.	Se explican los aspectos que, desde la perspectiva docente, tienen un impacto directo en el ejercicio de su liderazgo.	Aspectos que favorecen y aspectos que obstaculizan o frenan el desarrollo del liderazgo docente al interior del Instituto.
Categoría 5. Proyección de necesidades y áreas de oportunidad	Se trata de identificar aspectos para potenciar el ejercicio del liderazgo docente de los profesores del Departamento de Ciencias Básicas del Instituto e incidir positivamente en el proceso de enseñanza aprendizaje y la percepción de los alumnos al respecto.	Aspectos para potenciar o facilitar el ejercicio del liderazgo docente desde la esfera administrativa.  Aspectos para potenciar o facilitar el ejercicio del liderazgo docente desde la esfera académica.

Posterior a la triangulación de datos, la suma categórica e interpretaciones directas que aportan a la investigación datos relevantes, es preciso destacar como “los investigadores utilizan dos estrategias para alcanzar los significados de los casos: la interpretación directa de los ejemplos individuales, y la suma de ejemplos hasta que se pueda decir algo sobre ellos como conjunto o clase” (Stake, 2010, p.69).

Tabla 2. Análisis categórico

Observación	CATEGORIAS				
	1 Apreciación y pertenencia institucional	2 Definición del liderazgo docente	3 Percepción del liderazgo docente en el Instituto	4 Incidencia del Instituto en el desarrollo del liderazgo	5 Proyección de necesidades y áreas de oportunidad
<b>Directa</b>	Durante la práctica docente no se observa mención o vinculación de la cátedra con la filosofía institucional	No se observa el ejercicio de un estilo asertivo de liderazgo en el manejo de grupo ni en los procesos de comunicación	Los docentes no perciben que el liderazgo sea un aspecto importante en su práctica diaria.	Desde la perspectiva docente, el Instituto no favorece el ejercicio del liderazgo docente.	No se aprecia en la conducta docente, el interés por participar de estrategias de fortalecimiento para el ejercicio del liderazgo docente.
<b>Interpretativa</b>	Los docentes no parecen vincular en forma específica ni directa su cátedra con aspectos representativos del Instituto.	El estilo de liderazgo predominante, implícito en la práctica docente es de tipo dictatorial.	El docente no percibe el ejercicio del liderazgo docente como un aspecto de mejor potencial	El Instituto emprende en forma incipiente algunas estrategias que de forma indirecta inciden en el desarrollo del liderazgo	Ante la carencia de identificación y asignación de importancia al concepto, se vuelve compleja la identificación de áreas de oportunidad
<b>Justificativa</b>	Los docentes desconocen la filosofía institucional, así como la importancia de su vinculación permanente con el proceso de enseñanza aprendizaje.	En forma directa, el tema de liderazgo no se aborda directamente por ningún documento rector del proceso de enseñanza aprendizaje.	El docente no identifica el concepto de liderazgo docente como parte esencial del desarrollo de su actividad diaria	La esfera directiva se involucra indirectamente en el tema a partir del área de desarrollo académico.	Se identifican acciones que detonan la participación de los docentes en el tema del liderazgo.
<b>Concluyente</b>	La institución debe fortalecer la aplicación de estrategias de pertenencia institucional.	El docente debe apropiarse de la importancia y las implicaciones del concepto de liderazgo.	La escuela debe fomentar actividades que modifiquen la percepción hasta ahora no importante del liderazgo docente.	En forma paralela, el Instituto debe incluir en su política institucional la el fortalecimiento del ejercicio del liderazgo docente.	Es imprescindible que para modificar la percepción e incipiente ejercicio del liderazgo docente se emprendan acciones y obras vinculantes.

## Conclusiones.

De acuerdo con el proceso de recolección de datos y análisis interpretativo, el 81% de los profesores consideran que deben tomarse acciones para potencializar el ejercicio positivo del liderazgo docente. (Véase la siguiente gráfica).

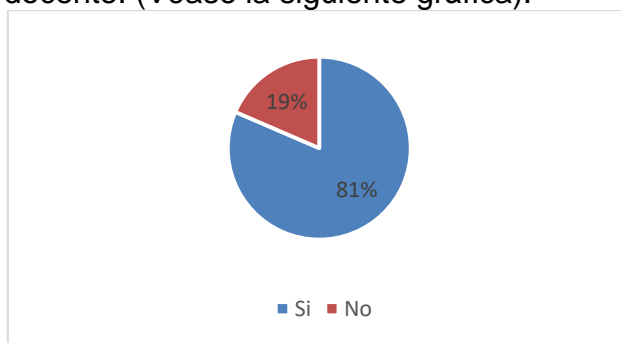


Figura 2. Gráfica de percepción docente

Finalmente, de acuerdo con la presente investigación, es mediante acciones concretas de capacitación, formación y actualización docente y profesional, con perspectiva de desarrollo integral humano, que debe abordarse el tema del liderazgo docente, pensando en acciones, planes y programas que incidan positivamente en su desarrollo. Así lo concluye el 67% de los profesores encuestados en el departamento de Ciencias Básicas del Instituto, tal como se muestra en la gráfica a continuación.

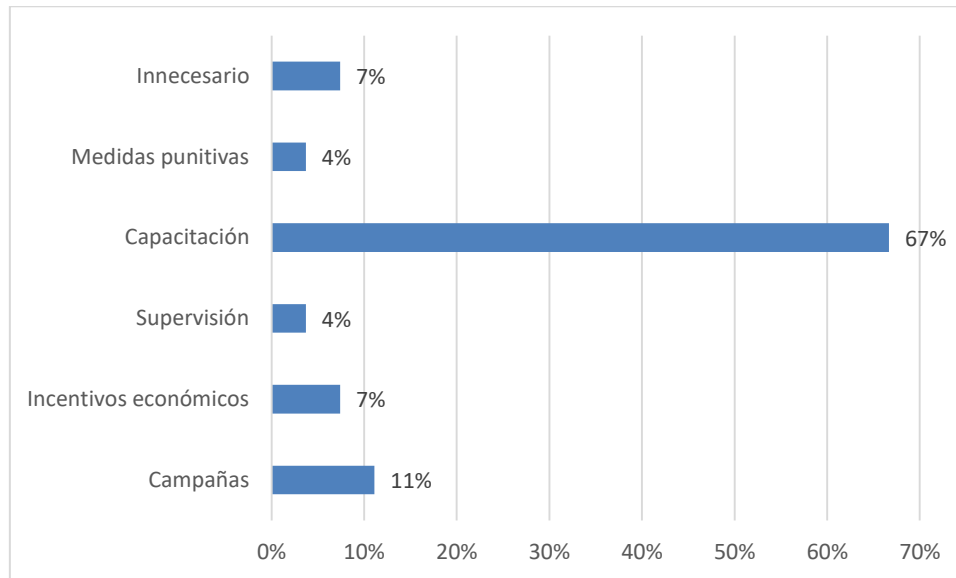


Figura 3. Identificación de acciones de solución.

## Referencias

1. Barber, M. y Mourshed, M. (2007). *How the World's Best-Performing School Systems* London: McKinsey & Company.
2. Elizondo, A. (2001). *La nueva escuela, II Dirección, liderazgo y gestión escolar*. México: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
3. Lussier, R. *LIDERAZGO*. (2011). *Teoría, aplicación y desarrollo de habilidades*. México: CENGAGE.
4. Stake, R. (2010). *Investigación con estudio de casos*. España: Morata.

## Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

# APLICACIÓN DE LA SEGUNDA LEY DE NEWTON EN UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN DE BICICLETAS

R.N. Alvarado-Patricio<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado de ingeniería de Universidad Nacional Autónoma de México, C.U. Coyoacán, CDMX, México-  
[nerialvarado.327@gmail.com](mailto:nerialvarado.327@gmail.com),

*Área de participación: Enseñanza de las ciencias básicas*

**Resumen:** El uso de la segunda ley de Newton para la elaboración de un sistema de instrumentación y adquisición de datos es el objeto de estudio de este artículo, el cual muestra el proceso de análisis de fuerzas inmersas en el recorrido de bicicletas y como estas influyen en la velocidad final de las mismas, así también el tipo de microcontrolador y sensores utilizados para llevar a cabo estas tareas, con el fin de tener una base de datos que haga sencillo el muestreo de fuerzas y la toma de decisiones del piloto para hacer sus recorridos.

## Introducción.

El uso de la segunda ley de Newton para hacer estimaciones y obtener resultados que mejoren la eficiencia en ciclistas se ha expresado en un gran número de artículos y aun en estos tiempos no ha sido completamente entendido [1]. A partir de esa premisa es que este trabajo se enfoca en un análisis detallado de fuerzas para modelar matemáticamente esta ley como el punto clave para el desarrollo de un sistema de instrumentación que permita monitorear el trayecto recorrido por una bicicleta, estos análisis ayudan a entender mejor la condición física del piloto y la operación de una bicicleta, así como el tipo de terreno, la aerodinámica, el rodamiento entre otras, y con ello mejorar la técnica de cadencia de pedaleo o ajustar cada componente del móvil, por esta razón los parámetros principales que se sugieren censar son velocidad de ruedas, ángulo de inclinación, velocidad de pedaleo, los cuales deben estar bien ajustados y calibrados, para obtener el mayor beneficio todo esto basado en la experiencia de trabajos anteriores [2].

## Diseño del sistema de instrumentación.

### Modelado

Para establecer el modelo primero de la definición de la segunda ley de Newton la cual establece que la rapidez del cambio en la velocidad lineal de un objeto es igual a la suma de fuerzas resultantes que están inmersas en el mismo, la cual se expresa en la ecuación 1,

$$\sum \bar{F} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1)$$

Ahora bien la ecuación 1 es el modelo general que define al sistema a analizar, sin embargo es preciso mostrar las fuerzas que se presentan al tiempo que un ciclista hace su recorrido las cuales se listan a continuación.

1. Fuerza de empuje
2. Fuerza debida a la inclinación del terreno.
3. Fuerza debida al peso del vehículo
4. Fuerza debida al rodamiento.
5. Fuerza de fricción aerodinámica
6. Fuerza total resultante

Entonces el modelo que describe el comportamiento de las fuerzas numeradas arriba se puede observar en la ecuación 2

$$m \frac{dv}{dt} = T - W \sin(\arctan G) - W C_{rr1} \cos(\arctan G) - N C_{rr2} V - \frac{1}{2} C_d A_p (V + V_w)^2 \quad (2)$$

donde  $m$  es la masa equivalente de la bicicleta más la del ciclista,  $\frac{dv}{dt}$  es la aceleración,  $T$  es el empuje debida al pedaleo del ciclista,  $W$  es el peso del ciclista mas la bicicleta,  $C_{rr1}$ , es el coeficiente a la oposición al desplazamiento debido a la pendiente ascendente o descendente en las inclinaciones de la carretera,  $\theta = \arctan G$ ;  $G$  es la pendiente fraccionaria (el aumento dividido por la distancia horizontal),  $N$  es el número de ruedas (la ecuación también abarca triciclos),  $C_{rr2}$  un factor que define las fricciones en la transmisión y la superficie de contacto con el suelo, llantas, rayos y cadena,  $V$  es la velocidad del vehículo,  $C_d$  es el coeficiente de resistencia aerodinámica,  $A_p$  es el área frontal,  $\rho$  es la densidad del aire, y  $V_w$ , es la velocidad de un viento en contra o viento de cola con el signo positivo para un viento en contra[3].

Así cada fuerza esta descrita de forma matemática como:

$m \frac{dv}{dt}$  Fuerza total resultante

$T = T_p + T_e - T_f$  Fuerza de empuje debida al pedaleo del ciclista  $T_p$ , que también incluye la fuerza del motor eléctrico  $T_e$  y fuerza negativa de frenado  $T_f$ .

$W \sin(\arctan G)$  Fuerza debida a la inclinación del terreno.

$W C_{rr1} \cos(\arctan G)$  Fuerza debida al peso del vehículo

$N C_{rr2} V$  Fuerza debida al rodamiento.

$\pm \frac{1}{2} (C_d A_p (V + V_w)^2)$  Fuerza de fricción aerodinámica que podría ser de empuje si da por la espalda del ciclista.

La figura 1 ejemplifica el actuar de estas fuerzas en la bicicleta.



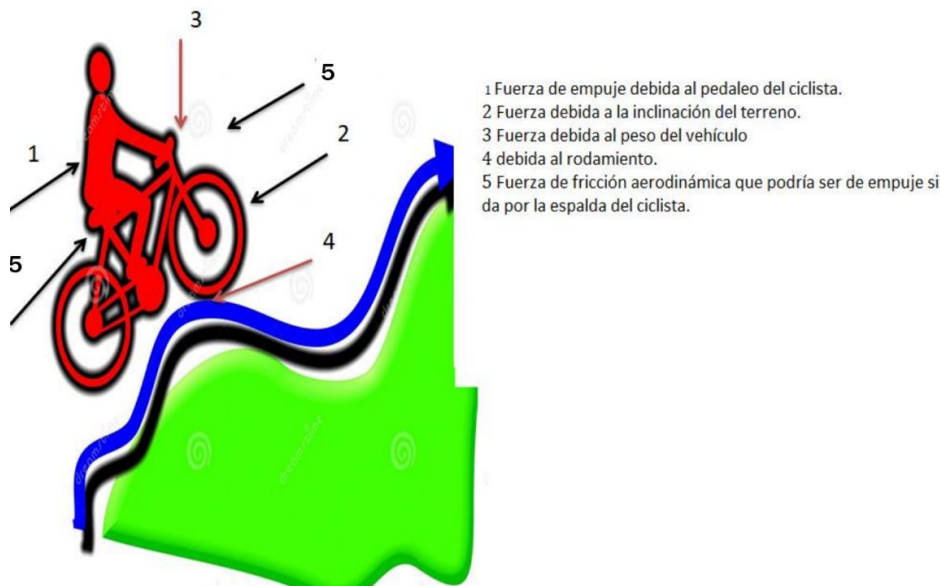


Figura 1 Fuerzas que interactúan en el recorrido de una bicicleta.

Con esto se tiene el modelo que describe el comportamiento de la bicicleta, para lo cual ahora se describe el proceso de diseño del sistema de instrumentación.

## Instrumentación

El sistema de instrumentación tiene como objetivo la obtención de datos en tiempo real como velocidad de las ruedas, ángulo de inclinación y velocidad de pedaleo, los cuales almacena en una tarjeta micro SD, y después por medio del uso del software Octave calcular las fuerzas resultantes de los recorridos, para hacer todas estas funciones se colocan en lugares específicos una serie de sensores que se describen a continuación, dos sensores LM393 o infrarrojos en cada rueda para la medición de la velocidad en km / h, esto gracias a un anillo ranurado fijado en las llantas donde se mantiene una comunicación de los pulsos de emisor y receptor del sensor, el módulo de efecto Hall colocado en el brazo de uno de los pedales facilita el censado de la cadencia de pedaleo, que se mide con un anillo hecho de imanes el cual al rotarlo envía pulso que posteriormente el microcontrolador transforma a velocidad en km/h, el último sensor es el MPU6050 o giroscopio acelerómetro, que puede medir la inclinación del vehículo[4].

La cualidad de este sistema es que envía tres señales por segundo de cada variable medida en un archivo csv que es sencillo de leer por lenguajes de programación como Matlab y Octave, y todo gracias al microcontrolador Atmega, que controla todo proceso de instrumentación y la base de datos.

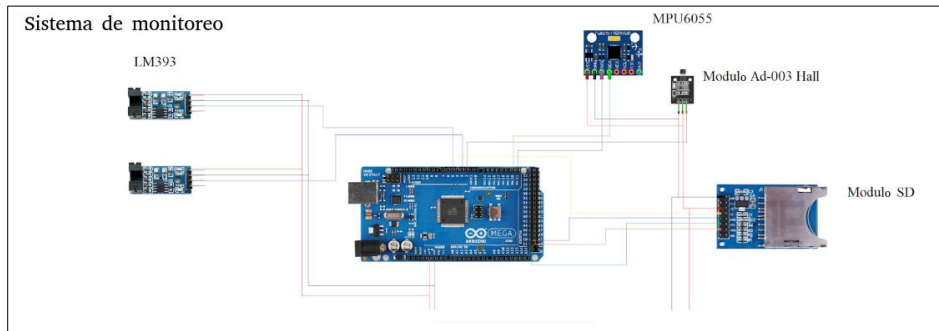


Figura 2 Circuito del sistema de instrumentación.

La figura 2 muestra el circuito del sistema de monitoreo el cual está instalado en la bicicleta, es preciso mencionar que el sistema tiene comunicación con un Smartphone el cual también sirve como alimentación de todo el sistema, como se ve en la figura 3



Figura 3 Ubicación de sensores en la bicicleta

El sistema de instrumentación se calibra con Apps de android comerciales, y el ángulo de inclinación con mediciones graduadas por medio de un transportador.

En resumen el modelado del sistema es el cimiento que ayuda a tener la idea de las variables que se requieren medir y con ello la búsqueda de sensores para lograr el cometido final que se muestra en el siguiente apartado.

## Resultados y Discusión.

Es notorio decir que el modelo descrito en la ecuación 2 es una ecuación diferencial no lineal y variante con el tiempo, debido a que no siempre el pedaleo es la fuerza que predomina para acelerar la bicicleta, lo cual claramente se observa en una pendiente, o cuando la velocidad alcanzada por el vehículo biplaza es más grande que la aceleración

que promueve el torque de pedaleo, por esta razón las pruebas específicas que se hicieron para encontrar todas las constantes faltantes en la ecuación dos, una de ellas consiste en eliminar la fuerza de pedaleo, para reducir el orden de parámetros a calcular, y esto se logra al hacer al piloto acelerar la bicicleta al descender en una pendiente sin que este aplique algún torque de pedaleo, después con los datos registrados en la memoria SD de la prueba se procede a la resolución de la ecuación por métodos no lineales en Octave.

Estas pruebas no solo se enfocan para reducir el número de parámetros de la ecuación de fuerzas, sino que también tienen como tarea encontrar las constantes  $C_{rr1}$ ,  $C_{rr2}$ ,  $C_dA_p$  que son sumamente complicadas de sensar u obtener por otros métodos, por ello el uso combinado de la programación en Octave y los datos obtenidos por el sistema de monitoreo permiten tener los datos de las fuerzas inmersas en el recorrido de una bicicleta como se ve en la figura 4.

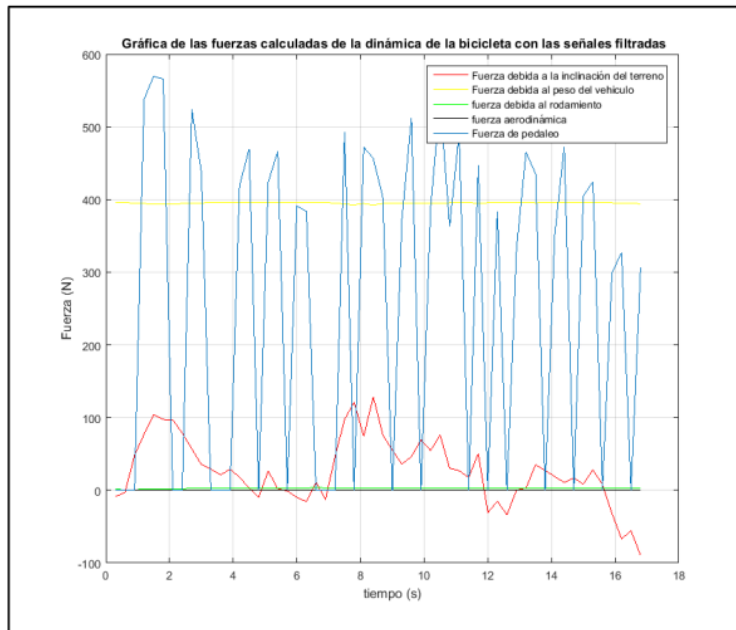


Figura 4 Grafica de Fuerzas en el recorrido de una bicicleta

La figura 4 es muy demostrativa y antes de explicarse debe hacerse mención de algunos factores de la prueba de la cual es esta gráfica, estas son, el vehículo se condujo a 15 km/h, el contacto entre la llanta y el piso es caucho – asfalto, el clima no estaba ventoso, la presión de las llantas es de 40 y 43 psi de las llantas delantera y trasera respectivamente, la masa del ciclista-bicicleta es 74 kg. Una vez aclaradas las condiciones iniciales de la prueba de donde se generó esta gráfica, es preciso ver que la fuerza de pedaleo es la fuerza principal que se impone para provocar el aceleramiento de la bicicleta, y que las fuerzas aerodinámica y de rodamientos son pequeñas, la primera debida a que la velocidad no es lo suficientemente grande esto es más de 30 km/h para que esta fuerza sea significativa, y la segunda por que los rodamientos no son

importantes debido al ajuste de la bicicleta, además la fuerza debida al peso es constante como se espera, y la fuerza por la inclinación del terreno es la que más variaciones tiene en el recorrido.

Aunado a lo anterior es preciso decir que el análisis de fuerzas y las velocidades obtenidas de este sistema de monitoreo son beneficiosas para la toma de decisiones en tanto a la técnica del piloto, como el ajuste del vehículo.

### **Conclusiones.**

En suma un análisis de fuerzas en una bicicleta es importante realizarlo para mejorar las capacidades técnicas de un piloto, o el ajuste correcto de la bicicleta para tener un mayor confort a la hora de iniciar un recorrido, lo cual hace correctamente este sistema de monitoreo, pues no solo permite observar fuerzas, también muestra las velocidades de cada llanta, y el almacenamiento de datos que se graba tres veces por segundo ayuda a tener gráficos más precisos, esto debido a que tienen intervalos de integración que se vuelven más pequeños y por ende un mallado más fino, sin embargo los beneficios son más de los ya mencionados, pero es un buen sistema para demostrar la importancia de la segunda ley de Newton en una aplicación muy práctica como lo es el hacer un sistema de monitoreo que registra las fuerzas en el recorrido en bicicleta.

### **Agradecimientos.**

Doy gracias por este trabajo al Doctor Jaime Morales que me motivo a seguir esta línea de investigación y me brindo su asesoría, al equipo Velomóvil RS con quienes logre pulir aún más mis conocimientos de los sistemas de instrumentación.

### **Referencias**

1. J.M. Papadopolous, *Forces in bicycle pedalling*, Biomechanis in sport, Vol 1987
2. R.N. Alvarado. *Diseño y construcción de un sistema de monitoreo y diagnóstico de conversión de energía en tiempo real de bicicletas*. Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM 2021.
3. E. R. Bunk. *High-Tech Cycling*. Human Kinetics USA 2003.
4. R.N. Alvarado, P.B. Flores , et al., *Safety and performance system” Human powered vehicle challenged Innovation Report*. 2021

### **Autorización y renuncia.**

*Los autores del presente artículo autorizan al Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2021**. El ITZ o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.*