

JUNIO 29 Y 30, 2023

LA INVESTIGACIÓN EN LAS INGENIERÍAS COMO HERRAMIENTA PARA IDENTIFICAR RETOS Y OPORTUNIDADES POSTERIORES A UNA CRISIS

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DEL CONGRESO
INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA
JOURNALS CHIAPAS 2023

Título del Libro Electrónico: *La Investigación en las Ingenierías como Herramienta para Identificar Retos y Oportunidades*

Posteriores a una Crisis

ISBN 978-1-939982-86-5 online*

Este libro electrónico (e-book) contiene la colección de los trabajos de investigación presentados en el área de *ingenierías* en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Chiapas que fuera organizado los días 29 y 30 de junio de 2023 por Academia Journals en colaboración con el Colegio de Ingenieros Industriales en Chiapas (COIIN) y el insigne Instituto de Estudios Superiores Manuel José de Rojas, de San Cristóbal de las Casas.

POLÍTICA DE COPYRIGHT

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan la políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación. Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo. Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

CONSEJO ACADÉMICO

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Dr. Víctor Mendoza (Puebla, México)
Dr. Albino Rodríguez Díaz (Tepic, México)
Vicerrector Dante Agatón (Morelia, México)

DISEÑO Y PUBLICIDAD

contacto@academiajournals.com

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

contacto@academiajournals.com

+1 (210) 415-3353

3760 E. Evans

San Antonio TX 78259 USA

www.academiajournals.com

*El ISBN fue asignado a este libro por la Agencia de ISBN en Estados Unidos. Los números de copyright tienen validez mundial. Para comprobar la validez de un ISBN, favor de visitar la página bookwire.com.



Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
CPS006	Huella de Carbono en una Institución de Educación Superior	Aceves Gutiérrez Humberto ITSON Mario Alberto Figueroa Grave ITSON López Chávez Oscar ITSON Mercado Ibarra Santa Magdalena ITSON Ayón Murrieta Guadalupe ITSON Campoy Salguero José Manuel ITSON	Aceves Gutiérrez	1
CPS060	Nutrición Orgánica e Inorgánica: Su Efecto en el Área Foliar y Rendimiento de Brócoli (Brassica oleracea var. Itálica Plenck)	Dr. Cid Aguilar Carpio Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada Dra. Yessica Flor Cervantes Adame MC. Adriana Pérez Ramírez	Aguilar Carpio	7
CPS021	Modelado y Simulación de un Cicloconvertidor con un Enfoque Bond Graph	Gerardo Ayala Jaimes Gilberto González Avalos Alejandro Amezcua Llanos	Ayala Jaimes	12
CPS018	Análisis de Falla y Caracterización de Cortador de Carburo HSS T4	Karet Alexandra Ayala Sandoval Valeria Marisol Cuevas Aceves	Ayala Sandoval	17
CPS086	Adsorción de Lactosuero Usando Columnas Empacadas con Diferentes Adsorbentes	Arturo Belli-Alonso Rene Cuesta-Díaz Arnulfo Rosales-Quintero Oswaldo de Jesús Vázquez-Hernández	Belli-Alonso	23
CPS031	Tarjetas de Presentación con Realidad Aumentada	M.E. Erika Bonfil Barragán Dr. Pedro Bello López Dra. Meliza Contreras González Dr. José Andrés Vázquez Flores Jesús Gonzalo Levien Ruíz	Bonfil Barragán	27

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
CPS117	Recuperación de Calor Residual de la Quema de Carbón, para Generar Potencia Termoeléctrica	Ing. Miguel Angel Botis Bautista M. en I. Andrés Alfonso Andrade Vallejo Dr. Miguel Ángel Olivares Robles	Botis Bautista	32
CPS004	Comparación de los Modos de Vibración de una Viga Empotrada Utilizando Métodos Teóricos, Experimentales y Computacionales	M en C. Francisco D. Calvo López Lic. Francisco Calvo Percino Ing. Rosa Reyna González Ing. Alberto Patraca Sotomayor Dr. Aurelio Horacio Heredia Jimenez	Calvo Lopez	38
CPS002	Diseño y Evaluación de Platos Bipolares de una Celda de Combustible Tipo PEM de 12 Volts	Ing. Eduardo Vidal Castro Jiménez Dr. Juan Manuel Tadeo Sierra Grajeda Dra. Sandra Jazmín Fgueroa Ramírez Dr. Humberto Julián Mandujano Ramírez	Castro Jiménez	44
CPS026	Contador Digital de Días Seguros en la Empresa Comisión Federal de Electricidad	MER. Juan Pedro Cervantes de la Rosa Dr. José Lorenzo Muñoz Mata Lic. José Mauro Huerta Ing. Jesús García Gazca	Cervantes de la Rosa	50
CPS024	Análisis Químico Proximal de Quesos Tipo Panela Elaborados con Leche Bovina Adicionados con Fibra de Avena (Avena sativa)	P.I.A. Emily Cruz Cadena Dra. Aurora Quintero Lira Dr. Javier Piloni Martini M.A. María Fernanda Ríos Pérez Dr. Cesar Uriel López Palestina	Cruz Cadena	59
CPS032	Aplication of the Yoshitake Fatigue Questionnaire in Assistant Teachers	M.I.I. Diego Estrada Ruiz M.I.I. Eugenia Guadalupe Rosas M.I.I. Diego Francisco Estrada Rosas Ing. María Graciela Estrada Rosas Ing. César Eduardo López Vega	Estrada Ruiz	65

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
CPS025	Diagnóstico de Patologías en Vías Terrestres por Medio de Multicriterio como Herramienta de Gestión	Ing. Ruth María Alejandra Farina Rodríguez Dr. Julio Roberto Betancourt Chávez Dr. Noé Villegas Flores M.I. Juan Rentería Soto	Farina Rodríguez	69
CPS083	Validación de la Remoción de Colorantes Verde y Azul Bromocresol con el Fruto de Encino	MC. Erika García Domínguez MC. Rosalba Ramírez Noriega	García Domínguez	77
CPS079	Interfaz de Control y Monitoreo de Máquina Boxford CNC Duet con LabVIEW	M. en E.R. Rufino García Mendoza TSU Christian Samuel Ortiz Zamora M. en A. Pablo Saúl Espinoza Aguirre M. en I. Samuel Sotelo Martínez	García Mendoza	81
CPS108	Sobreproducción y Aprovechamiento del Mezcal	Ana Lilia Gómez Ruiz María del Pilar Reyes Sierra Alejandro Mendoza Ramírez Jennifer Nuñez Mena José Elier Ramírez Hernández	Gómez Ruiz	87
CPS100	Diseño de un Sistema de Control a Lazo Cerrado para Aerogeneradores de Baja Potencia	Mtro. Roberto Adrián González Domínguez Mtro. Javier Alonso Ramírez Torres Dr. Víctor Andrés González Domínguez Manuel Antonio Rodríguez Zurita Abril Hernández Morales Enrique Gómez Castillejos	González Domínguez	93
CPS092	El Sol: Recurso Invaluable y Sostenible	Angelina González Rosas Blanca Andrea Ortega Marín Gildardo Godínez Garrido	González Rosas	99

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
CPS141	Desarrollo de Recubrimiento Anticorrosivo, Matriz Base Polimetilmetacrilato (PMMA) Reforzado con Nanopartículas de Óxidos Metálicos, como Sustituto de Resinas Epoxi-Fenólica Para Acero al Carbono Grado Estructural ASTM A36	MC. Jose Antonio González Vázquez MI. Martín Maldonado Chacón MI. María Guadalupe Fuentes Zamarrón	Gonzalez Vazquez	105
CPS041	Arquitectura de Tierra: Descripción de la Aplicación Metodológica de Gernot Minke para Mejoramiento de la Tierra en el Sistema Constructivo de Bajareque	Dr. Joel Guzmán González Dr. Francisco Nieves Garnica Dr. Simón Rahme Escobedo Arq. Monserrat Lopez Camarena	Guzmán González	110
CPS045	La Vegetación como Estrategia de Diseño Bioclimático: Muestrario con Vegetación Nativa de la Ciudad de Córdoba, Veracruz	Dr. Joel Guzmán González Dr. Francisco Nieves Garnica Dr. Roberto de Jesús Olavarrieta Marengo Arq. Nadia Patricia Nieva Gómez	Guzmán González	116
CPS082	Extracto de las Hojas de la Coccoloba Uvifera como Inhibidor de Corrosión sobre el Acero 1018 en Medio Ácido	Ing. Nancy del Carmen Huchin Chan Dra. Sandra Jazmín Figueroa Ramírez Dr. Jesús Porcayo Calderon Dr. Juan Manuel Sierra Grajeda Dra. Mayra D. Manrique Ortega	Huchin Chan	121
CPS061	Análisis Comparativo de Precisión y Rendimiento del Sensor GPS Neo 6m.	Ing. Carlos Fabian Ignacio Barrón Ing. Miguel Reséndiz Trejo	Ignacio Barrón	127
CPS093	Herramientas de Logística Esbelta en una Empresa del Sector Eléctrico	Ing. Oscar Marrón Banderas Ing. Mauricio Iñiguez Pimentel Dra. Elsie Noemí Olvera Pérez Mtro. José Luis Díaz González Mtra. Claudia Castillo Cruz	Marrón Banderas	133

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
CPS036	Determinación de Propiedades Mecánicas de Flexión en Flechas de Arquería de Fibra de Carbono	Esteban Martínez de Alva Juárez Cristian Miguel Rojas Ramírez Roberto Ugarte Saucedo MEd. Miguel Ángel Ávila Puc Dr. Benjamín Gonzalez Vizcarra	Martínez de Alva Juárez	139
CPS099	Optimización y Diseño del Proceso de Transformación del Sargazo para Polímeros	Dra. Diana Morales Piña Ing. Benjamin Hernandez Garcia M.A. Norma Angélica Chapa Lopez Ing. José Raúl Lozada Picazo	Morales Piña	145
CPS072	Beneficios de la Automatización Robótica de los Procesos para e-Commerce	Ing. Susana Guadalupe Mosqueda León Dra. Midory Samaniego Hernández	Mosqueda León	149
CPS009	Sistema de Actuación para Caracterización de Torres de Origami Flexibles con Aplicación de Visión Artificial en Pruebas de Movilidad	Dra. Lydia Gabriela Ortega Bucio Dra. Yamile Sandoval Castro M.C. Josué Rafael Montes Martínez M.T.A. Israel Santacruz Mondragón M.C. Madeleine Medina Castillo Dr. José Marcos Zea Pérez M. en C. Fabiola Hernández Hernández M. en I. Maximiano Francisco Ruiz Torres	Ortega Bucio	152
CPS107	Propuesta de un Plan de Intervención para Disminuir Riesgos en un Aserradero	Sara Migdali Ortiz Salazar M.C. María del Pilar Reyes Sierra Ing. Paulina Valles Loera Jesús Olegario Lechuga Bautista Cristopher Saucedo Gándara	Ortiz Salazar	158
CPS033	Evaluación Sensorial de una Bebida a Base de Cáscara de Café Fermentada con <i>S. cerevisiae</i>	M.C. Viridiana Palacios Ruiz Dra. Mirna Leonor Suárez Quiroz Dr. Oscar Gonzáles Ríos	Palacios-Ruiz	166

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
CPS087	Desarrollo de Aplicaciones Web para la Vinculación del Sector Productivo y Académico	Mtro. José Francisco Pérez de la Cruz Dra. Elizabeth Guadalupe Zepeda Trujillo Dr. Miguel Ángel Aguilar Flores Mtra. María Eugenia Galindo Díaz	Pérez de la Cruz	171
CPS037	Análisis de Falla de Stringer de un Avión Boeing 737 mediante la Caracterización de Materiales	Wildheimy Piña Gastelum Neftali Zain Camez Cardenas Dr. Benjamin Gonzalez Vizcarra	Piña Gastelum	178
CPS055	Panorama Global de la Implementación de BIM (Building Information Modeling)	Dra. Aurora Poó Rubio Arq. Moisés Bustos Álvarez	Poó Rubio	184
CPS137	Utilidad del Marketing Digital en el Restaurante "Mary Es Mi Amor" en Santa Cecilia, Tlalnepantla de Baz	Ing. Jenny Viridiana Quiroz Linares Dr. Arturo Martínez Suárez	Quiroz Linares	237
CPS103	Cinética de Adsorción de Cianuro en Distintos Materiales	Dra. Claudia Verónica Reyes Guzmán Ing. Hazel Rene Gallegos Moreno M.C. Leonor Muñoz Ramírez Dr. Sergio García Villarreal M.C. Gloria Guadalupe Treviño Vera Dra. Aglae Dávalos Sánchez Dra. María Gloria Rosales Sosa	Reyes Guzman	190
CPS046	Interacción Humano-Computadora Basada en Seguimiento Ocular: Una Revisión Sistemática	Lic. Aileen Guadalupe Rosas Ochoa Dr. Edgard Iván Benítez Guerrero Dra. María del Carmen Mezura Godoy	Rosas Ochoa	199

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
CPS028	Modelo de Optimización para Conocer la Rentabilidad de los Cultivos Avena, Cebada y Trigo en el Estado de Hidalgo	Dra. Francisca Santana Robles Alex Priscila Hernández Espinosa Catalina Ordoñez Zayago Isidro Jesús González Hernández Rafael Granillo Macías	Santana Robles	206
CPS118	Metodología para la Detección de Fallas en Motores de Inducción a Partir del Análisis Termográfico, Eléctrico y de Vibraciones	Otoniel Serrano Rodríguez Dr. Emmanuel Reséndiz Ochoa Dr. Luis Alberto Morales Hernández	Serrano Rodríguez	212
CPS059	Caso de Estudio de Manufactura Inteligente (Gemelos Digitales)	Dr. Isaías Simón Marmolejo Dr. René Cruz Guerrero Dr. Isidro J. González Hernández C. Gilberto Hernández Franco C. Jaime Huerta Lugo	Simón Marmolejo	218
CPS109	Detector Remoto de Sobrecorriente	Ing. Manuel Duvan Torres González M.C. Aarón González Rodríguez Dr. Pedro Martín García Vite M.C. Rafael Castillo Gutiérrez	Torres González	224
CPS030	Diseño y Automatización de un Movilizador Pasivo Continuo para Rehabilitación de Rodilla por Medio de Simulación	Gerardo Villena Martinez Dr. Juan Nabor Balderas Gutiérrez Dr. Mario Ibañez Olvera Dr. Hugo Yáñez Badillo Dr. Armando Josué Piña Díaz	Villena Martinez	230

Huella de Carbono en una Institución de Educación Superior

Aceves Gutiérrez Humberto ITSON¹, Mario Alberto Figueroa Grave ITSON², López Chávez Oscar ITSON³, Mercado Ibarra Santa Magdalena ITSON⁴, Ayón Murrieta Guadalupe ITSON⁵, Campoy Salguero José Manuel ITSON⁶.

Resumen: El impacto ambiental derivado de la contaminación por una organización dedicada a la educación superior también puede verse en aspectos como, agotamiento de recursos naturales, reducción de la capa de ozono, efecto Invernadero, smog foto químico, contaminación del agua, contaminación del suelo, lluvia ácida. Esta forma de contaminación se genera a través de la emisión de sustancias nocivas, tóxicas o peligrosas, que se van acumulando en el agua, aire, suelo, alimentos e incluso en nuestros tejidos. La operación de una Institución de educación Superior genera gases de efecto invernadero a partir de los consumos de energía, combustible y agua derivados de las actividades de enseñanza aprendizaje que ahí se realizan. Se determinó la huella de carbono de la institución en kg de CO₂ eq mediante la metodología de GHG Protocol Alcance 1 y 2 en el periodo contemplado del 2019 al 2022, donde se encontraron como la reducción de las actividades presenciales derivada de la pandemia contribuyó a que las emisiones de CO₂ fueron menores para el año 2021 por el orden de los 56,348 Kg de CO₂ eq, representado una disminución del 72.35% del año con más contaminación el 2019 que fueron de 204,064 Kg de CO₂ eq.

Palabras clave: KgCO₂, Contaminación, Consumos, Kwh

Introducción

El medio ambiente es el espacio en el que se desarrolla la vida de los organismos y que permite su interacción. Está conformado por seres vivos (factores bióticos), por elementos sin vida (factores abióticos) y por elementos artificiales creados por el hombre. Cuando se habla de factores bióticos se hace referencia a todos los seres vivos que viven en un ambiente (las bacterias microscópicas, los hongos, la flora, la fauna, los seres humanos) y las interacciones entre ellos; por su parte, los factores abióticos son aquellos que carecen de vida pero determinan el espacio físico del ambiente (como el aire, el suelo y el agua) y resultan esenciales para la subsistencia de los organismos vivos. Entre los elementos artificiales se incluye a todos aquellos creados por el ser humano, como la urbanización, la cultura, las tradiciones. La suma de estos valores naturales, culturales y sociales en un momento histórico y en un lugar en particular constituyen el medio ambiente. (Editorial Etecé, 2022).

El dióxido de carbono se hace presente de manera natural en la atmósfera como parte del ciclo del carbono de la Tierra (la circulación natural de carbono entre la atmósfera, los océanos, la tierra, las plantas y los animales). Las actividades del ser humano están alterando el ciclo del carbono: tanto porque suman más CO₂ a la atmósfera como influenciando la capacidad de los disipadores naturales (como los bosques) para eliminar el CO₂ de la atmósfera e influyendo sobre la capacidad de las tierras para almacenar carbono. Si bien las emisiones de CO₂ provienen de diversas fuentes naturales, las emisiones relacionadas con las actividades del ser humano son las responsables del aumento que se ha registrado en la atmósfera desde la revolución industrial, es decir el aumento del dióxido de carbono es debido a las actividades del humano que hace en su día a día como es la combustión de combustibles fósiles como el carbón, gas natural, y el petróleo para generar energía para usos específicos como es el transporte, las máquinas, utensilios, etc. (EPA, 2022)

Además de que las consecuencias que tiene el dióxido de carbono son amplias primero empezando por la contaminación que todos sabemos qué hace, como bien es al suelo, agua y aire y por último esta los gases de efecto invernadero que provoca al tiempo que esto significa que contamina y empeora en gran medida a las temperaturas que

¹ Humberto Aceves Gutiérrez ITSON es Profesor de Ingeniería Civil en el Instituto Tecnológico de Sonora, México.

Haceves_itson@hotmail.com

² Mario Alberto Figueroa Grave ITSON es Alumno de Ingeniería industrial y de sistemas en el Instituto Tecnológico de Sonora, México.

Mario.figueroa207440@potros.itson.edu.mx

³ Oscar López Chávez es Profesor de Ingeniería Civil en el Instituto Tecnológico de Sonora, México. oscar.lopez@itson.edu.mx.

⁴ Santa Magdalena Mercado Ibarra, Profesor de Psicología Instituto Tecnológico de Sonora.

mmercado@itson.edu.mx

⁵ Guadalupe Ayón Murrieta ITSON es Profesor a de Ingeniería Civil en el Instituto Tecnológico de Sonora,

México. guadalupe.ayon@itson.edu.mx

⁶ José Manuel Campoy Salguero, Profesor de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Instituto Tecnológico de Sonora.

jmcapoy@itson.edu.mx

se tienen haciendo teniendo consecuencias como el deshielo de los glaciares, lluvias torrenciales y que los mares se calienten más. (. (Noticias ONU. 2021).

Las organizaciones son estructuras de índole social que existen como medio de gestión del talento humano y que pueden tener como fines objetivos de índole económico, social o político. Las organizaciones suelen comprender departamentos con su propia orden y con fines supeditados a la consecución de la finalidad mayor. Así, cuando se habla de una organización se hace referencia a un grupo de personas con funciones específicas y una determinada jerarquía regidas por una cooperación sistemática tendientes a producir bienes, servicios o alcanzar fines sociales o políticos. Desde esta perspectiva se comprende que el aspecto más importante de las organizaciones son sus recursos humanos. Además de que las organizaciones buscan realizar dichos proyectos para beneficiar a uno o más, y esto está unido a las demandas y a las necesidades de las personas de productos o servicios que requieran, pero para esto se necesita tener un plan y herramientas necesarias y suficientes para abastecer dichas necesidades. (Ramos, 2014).

Las instituciones de educación superior es un método de enseñanza avanzado donde los alumnos buscan aprender y formarse como profesionista en su vida diaria, además de que tiene funciones primordiales, esto se refiere a la formación de las personas en los distintos campos de la ciencia, la tecnología, la docencia, la investigación y la extensión de los beneficios de la educación y la cultura de la sociedad. Por otro lado, en México la educación superior está conformada por cuatro tipos de instituciones, que son las universidades, institutos, tecnológicos, escuelas normales y universidades tecnológicas, asimismo decir que la licenciatura es la opción educativa posterior al bachillerato, orientada fundamentalmente a la práctica. (Sánchez, 2014).

Fundamentación teórica.

La contaminación es la acumulación de agentes nocivos para los seres vivos en algún sector del ambiente. Estos agentes pueden ser químicos, físicos o biológicos. Diversos organismos pueden ser afectados: humanos, animales o vegetales. En el ambiente existen constantemente agentes nocivos para los seres vivos. Sin embargo, sólo se considera contaminación cuando las sustancias se han acumulado hasta tal punto que su concentración cambia el equilibrio del ecosistema, puede clasificarse según las causas que la provocan (natural o artificial) o bien por los ambientes en los que se concentra: el aire, el suelo o el agua. En las últimas décadas también se ha clasificado la contaminación dependiendo del aspecto del ecosistema que modifica: lumínica, acústica, o térmica. (Equipo editorial Etecé, 2017).

El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, debido a variaciones en la actividad solar o erupciones volcánicas grandes. Pero desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. (Naciones Unidas ,2022).

La quema de combustibles fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero que actúan como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas. Las emisiones principales de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático son el dióxido de carbono y el metano, los cuales proceden del uso de la gasolina para conducir un coche o del carbón para calentar un edificio, también el desmonte de tierras y bosques también puede liberar dióxido de carbono. La agricultura y las actividades relacionadas con el petróleo y el gas son fuentes importantes de emisiones de metano. La producción y consumo de energía, la industria, el transporte, los edificios, la agricultura y el uso del suelo se encuentran entre los principales emisores. (Naciones Unidas ,2022).

La huella de carbono es un concepto que nos ayuda a medir de forma simplificada las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades humanas. Las acciones que emiten gases contaminantes pueden ser medibles tanto para particulares como organizaciones. En el mundo empresarial es un término cada vez más conocido, que además cuenta con regulación nacional y europea. Por otro lado, también existe la huella de carbono de una empresa, o que también conocida es como la huella de carbono corporativa que hace referencia al impacto medioambiental de las actividades de una empresa. Las emisiones de gases de efecto invernadero de una empresa se deben medir teniendo en cuenta el efecto directo o indirecto generado por el desarrollo de su actividad económica. (Climate Consulting, 2023)

La huella de carbono puede ser abordada dependiendo del enfoque o alcance específico y para que cada uno de estos enfoques existen diferentes protocolos o metodologías reconocidas internacionalmente para ser usadas y estos enfoques son los siguientes:

- Emisiones directas (Alcance 1): son aquellas emisiones de gases de efecto invernadero que provienen de fuentes que son propiedad o son controladas por la empresa, como, por ejemplo, consumo de combustibles fósiles en fuentes fijas y/o móviles, fugas no intencionadas de los equipos de climatización, etc.
- Emisiones indirectas por consumo y distribución de energía (Alcance 2): corresponden a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de electricidad y/o vapores generados por terceros.

Algunas de las metodologías que se utilizan internacionalmente son las siguientes: UNE-EN ISO 14.064, UNE-EN ISO 14.065, GHG Protocol Alcance 1 y 2, GHG Protocol Alcance 3, Bilan Carbone, PAS 2060:2010, UNE-EN ISO 14.069. (Ihobe, 2013. pueden incluir los siguientes seis campos, corporativa, ciclo de vida de un producto o servicio, personal, eventos, territorial y por industria, nuestro caso utilizamos el concepto de la huella de carbono corporativa de alcance 1y 2, ya que está desarrollada en una Institución de Educación Superior ubicada en Guaymas Sonora, México (Ihobe, 2013) Metodología.

Es una investigación del tipo cuantitativa ya que su medio principal es la medición y el cálculo, los participantes del proyecto fueron un estudiante de Ingeniería Industrial y profesores de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Sonora se inició con la investigación bibliografía que sustenta el proyecto , se obtuvieron los datos de los consumos de energía eléctrica y combustible de la institución , se determinaron las metodologías existentes para la determinación de la Huella de carbono, se investigaron y establecieron los factores de emisión de Kg de CO₂eq por Kwh y lt de combustible y con ello se determinaron los valores totales de las emisiones en KG de CO₂ eq correspondientes a 4 años de funcionamiento de la institución y finalmente se desarrollaron las conclusiones del proyecto.

El alcance de trabajo es un campus de una institución de educación superior ubicada en el sur del estado de Sonora , donde se realizan actividades de enseñanza aprendizaje impartiendo clases, laboratorios, talleres, ofrece servicios de alimentos y agua potable , también servicios sanitarios , administrativos , se realizan actividades culturales y deportivas, realizan vistas a empresas , todo ello lo desarrolla una comunidad universitaria de aproximadamente 2100 alumnos, 300 docentes y 150 personas con labores administrativas y de servicios en donde se demandan y consumen servicios de energía eléctrica, combustibles y de agua potable y se eliminan aguas residuales.

Los cálculos se realizaron con la expresión Kg de CO₂eq = Fe * A. Siendo, Kg de CO₂eq: huella de carbono; Fe factor de emisión en Kg de CO₂ por unidad; A; Consumo en la unidad correspondiente. (Carbon neutral +, 2022).

Resultados

En esta sección se inicia con los datos recolectados de la institución de los consumos de electricidad, agua, y combustible.

Tabla 1. Kwh de consumo mensual de 2019-2020 en el instituto. Fuente propia

Consumo de Energía Total Kwh de la Institución.				
	2019	2020	2021	2022
Enero	40,951	41,439	24,594	35,021
Febrero	46,686	46,107	24,112	38,831
Marzo	55,807	40,675	27,193	43,856
Abril	58,555	34,356	26,226	44,002
Mayo	88,771	35,435	35,907	85,218
Junio	98,112	35,562	37,651	86,965
Julio	98,383	37,239	38,421	77,311
Agosto	118,132	39,199	37,160	116,639
Septiembre	165,087	40,321	40,618	164,441
Octubre	146,481	39,494	40,675	125,041
Noviembre	83,436	29,175	33,994	54,167
Diciembre	42,057	27,555	32,806	35,046
Total	1,042,458	446,557	399,357	906,538

Se observa en la tabla que en el año 2019 fue el año donde se consumió más electricidad que otros años, por ejemplo, en el año 2021 fue el menor hablando de consumos bajos de electricidad.

Tabla 2. M3 de agua que se consumió de manera mensual en cada año. Fuente Propia.

Consumo de agua en M3 en la Institución por mes y anual.				
	2019	2020	2021	2022
Enero		385	322	976
Febrero	653	634	44	435
Marzo	819	377	233	345
Abril	741	373	303	328
Mayo	1,307	599	465	626
Junio	700	139	399	508

Julio	728	370	389	784
Agosto	469	696	316	437
Septiembre	659	425		586
Octubre	605	233	353	1,045
Noviembre	910	385	329	950
Diciembre	633		337	464
Total	8,224	4,616	3,490	7,484

En esta tabla se mira que en el año 2019 fue en el año en el que más se consumió 8,224 M3, mientras que en el año 2021 fue el año en el que menos se consumió 3,490 M3 y los otros 2 años se hubo un consumo medio y alto.

Tabla 3. Lt de combustible que se consume por año. Fuente propia.

Consumo de Combustible de la Institución								
Mes	Gasolina lt				Diésel lt			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Enero	1,489	1,105	150	1,337	310	88	0	0
Febrero	1,951	1,606	208	1,752	120	240	0	0
Marzo	1,985	1,519	119	1,782	496	315	0	225
Abril	1,416	186	0	1,271	277	0	0	155
Mayo	1,858	236	0	1,669	83	0	0	0
Junio	1,547	301	0	1,389	254	0	0	0
Julio	1,532	388	0	1,376	482	0	0	0
Agosto	1,223	464	0	1,098	161	0	0	115
Septiembre	1,805	226	0	1,621	323	0	0	214
Octubre	2,786	393	0	2,501	1,214	65	0	135
Noviembre	2,572	333	0	2,310	668	0	0	154
Diciembre	409	157	0	367	0	0	0	50
Total	20,573	6,913	477	18,473	4,388	709	0	1,048

En esta tabla se observa que en el año 2019 en gasolina y en diésel 20,573 lt y 4,388 lt respectivamente fue donde se tuvieron altos consumos mientras que el año 2021 se tienen los menores consumos de gasolina y diésel, 477 lt y 0 lt respectivamente.

En esta investigación se hizo uso de muchas fuentes para poder hacer un cálculo conciso y claro acerca de lo que se estaba haciendo, se hicieron muchas revisiones y pruebas en base a las fórmulas que se conseguían, además de que se hicieron discusiones y asesoramientos de que formula utilizar y al poco tiempo se supo cual formula utilizar y es la siguiente:

Tabla 4. Factores de Emisión por consumo. Fuente Propia.

Factores de emisión de kg de CO ₂ /UNIDAD			
	UNIDAD	KG DE CO ₂	Fuentes
Electricidad	KWH	0,138	Gutiérrez, 2022.
Diesel	LT	2.64	IDAE, 2022
Agua	M3	0.0333 (Producción y Distribución)	Marín, 2020.
Gasolina	LT	2.35	INECC ,2014.

En esta tabla se muestra los valores que tiene cada producto, por ejemplo, el valor de la electricidad fue de 0,138 y el del Diesel fue de 2,64 en unidades de Kg de CO₂ eq.

Tabla 5. Emisiones en Kg de CO₂ eq por consumo. Fuente propia.

Año	Agua(M3)	Electricidad(Kwh)	Gasolina(Lt)	Diese(Lt)
2019	8,224	1,042,458	20,573	4,388
2020	4,616	446,557	6,913	709
2021	3,490	399,357	477	0
2022	7,484	906,538	18,473	1,048
Total	23,814	2,794,910	46,436	6,145
F. E Kg CO ₂ eq	0.033	0.138	2.350	2.64
Emisiones totales Kg de CO ₂ eq	793	385,698	109,125	16,223

En esta tabla se observa que el consumo de electricidad fue el valor más alto con 385,698 Kg de CO₂ eq y el menor fue el del Agua con 793 Kg de CO₂ eq periodo de estudio.

Tabla 6. Emisiones totales en Kg de CO₂ eq por año. Fuente propia

Año	Agua	Electricidad	Gasolina	Diesel	Total, Emisiones totales Kg de CO ₂ eq por año
2019	274	143,859	48,347	11,584	204,064
2020	154	61,625	16,246	1,872	79,896
2021	116	55,111	1,121	0	56,348
2022	249	125,102	43,412	2,767	171,530
Total	793	385,697	109,126	16,223	511,838

En esta tabla se muestra que el año 2019 es el año en que la institución generó una mayor cantidad de emisiones con 204,064 Kg de CO₂ eq mientras que en el año 2021 es el de menor cantidad de emisiones con 56,348 Kg de CO₂ eq.

Conclusiones y Recomendaciones

La huella de carbono medida en Kg de CO₂ eq de la institución en estudio nos mostró que bajo la metodología de GHG Protocol en el alcance 1 y 2 en el periodo 2019-2022 y tomando en cuenta los consumos del estudio se observó que la electricidad es la que mayor cantidad de emisiones en Kg de CO₂ eq generó con 385,697 lo que representa el 75.35% del total, mientras que el consumo de agua solo tuvo 797 Kg de CO₂ eq lo que solo representa el 0.15% del total. También se concluye que el año 2019 fue el año con mayores emisiones en KG de CO₂ eq 204,064 que representa el 39.87% del total, mientras que año con menores emisiones fue el año 2021, año de confinamiento por pandemia de COVID 19 con 56,348 que representa el 11% del total y el 27.61% del año de mayor consumo.

pero a la vez muy eficaz, que igual ya se observó anteriormente, igualmente se le puso la referencia que debe llevar, para cualquier duda o aclaración, todas las referencias se encuentran al final del documento, y decir lo importante que es el cuidado de los consumos y como se maneja ya que esto puede conducir a altas emisiones de CO₂ en la empresa, instituto u oficina donde se produzca dichos productos o el mismo consumo.

Las recomendaciones para disminuir de una manera importante las emisiones en Kg de CO₂ eq, las cuales provienen principalmente del consumo de electricidad se hace necesario utilizar energía limpias de origen solar o eólico ya que se puede aprovechar perfectamente que la región en que se encuentra la Institución, el sur del estado de Sonora es uno de los lugares en México con la más alta irradiación solar que se puede convertir en energía eléctrica, colocando en el en la institución en estudio un Parque de paneles solares fotovoltaicos.

Otras acciones pueden ser optimizar el uso de los vehículos, adaptar edificios con funciones de edificios inteligentes para el ahorro de energía, reducir el uso de los aires acondicionados entre otros.

Referencias Bibliográficas

- Climate Consulting, 2023 . *¿Qué es la huella de carbono? Aprende a calcularla y reducirla*. Recuperado de climate selectra:
<https://climate.selectra.com/es/huella-carbono#:~:text=La%20huella%20de%20carbono%20es,tanto%20para%20particulares%20como%20organizaciones>.
- Editorial Etecé, 2022. Ecología. *Medio ambiente* recuperado de <https://concepto.de/medio-ambiente/>
- Equipo editorial, Etecé, 2017. Enciclopedia Humanidades. Geografía .*Contaminación*. Recuperado de humanidades:
<https://humanidades.com/contaminacion/>
- EPA, 2022. Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos: la Energía y El Medio Ambiente . *Emisiones de dióxido de carbono*. Recuperado de : <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20se,las%20plantas%20y%20los%20animales>).
- IDAE. 2022. Instituto para la diversificación y ahorro de Energía . Vehículos nuevos. *Consumo y emisiones de CO₂*. Recuperado , de coches:
<https://coches.idae.es/consumo-de-carburante-y-emisiones#:~:text=Por%20cada%20litro%20de%20gasolina,64%20kg%20de%20CO2>.
- Ihobe. 2013. *7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de Efecto Invernadero*. Recuperado de euskadi:
https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf
- INEEC.(2014). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático .*Factores de emisión para los diferentes tipos de Combustibles fósiles y alternativos que se consumen en Mexico*. Recuperado de gob.mx:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf
- Gutiérrez, D. 2022. Coches Eléctricos. *¿Cuánto CO₂ emite (indirectamente) un coche eléctrico en España?* Recuperado de hibridosyelectricos:
https://www.hibridosyelectricos.com/coches/cuanto-co2-emite-recarga-coche-electrico-espana_59686_102.html
- Marín, R.2020.Tecnoaqua. *huella de carbono asociado al ciclo al ciclo integral de agua, en Cordova* . Emacsa Recuperado de
<https://www.emacsa.es/wp-content/uploads/2014/02/Tecnoaqua-41-En-Feb-2020-38-46.pdf>
- Naciones Unidas 2022. Acción Por el Clima *¿Qué es el cambio climático?* recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Noticias ONU. 2021. Mirada global Historias humanas. Cambio climático y medioambiente <https://news.un.org/es/story/2021/08/1495262>
- Ramos, G. 2014. *Definición de organizaciones*. Recuperado , de Enciclopedia: <https://enciclopedia.net/organizaciones/>
- Sánchez, M. (2014). *La educación Superior en México*. Recuperado de Prezi: <https://prezi.com/zhigzzjk4v3a/la-educacion-superior-en-mexico/>

Nutrición Orgánica e Inorgánica: su Efecto en el Área Foliar y Rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica* Plenck)

Cid Aguilar Carpio Dr¹, Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada²,
Dra. Yessica Flor Cervantes Adame³, MC. Adriana Pérez Ramírez⁴

Resumen— El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la nutrición orgánica e inorgánica sobre el área foliar, peso fresco de las hojas e inflorescencia y rendimiento del cultivo de brócoli en condiciones de invernadero. El estudio se realizó en los invernaderos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. En plantas de brócoli se aplicó la solución nutritiva de Steiner en asociación con algas marinas y extracto de nopal. Para obtener los datos de las variables a evaluar se realizó un muestreo destructivo; en donde midió el área foliar, peso fresco de las hojas e inflorescencia y rendimiento del cultivo. A las variables se les realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias con el programa estadístico del SAS ver 9.0. La solución Steiner en asociación con algas marinas y extracto de nopal generó la mayor área foliar y peso fresco de hojas. El mayor peso fresco de la inflorescencia y rendimiento del cultivo se obtuvo con la aplicación de la solución Steiner + algas marinas, así como con la solución Steiner + algas marinas + extracto de nopal.

Palabras clave—Brasicáceas, nutrición, fertilizantes, biomasa.

Introducción

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica* Plenck) (familia Brassicaceae) es un cultivo con un alto valor nutricional por su contenido de ácido ascórbico, vitaminas A y calcio, además de ser un alimento benéfico a la salud por sus compuestos anticancerígenos y antioxidantes (Vidal-Martínez *et al.* 2006; Risco *et al.*, 2016; Paniagua-Pardo *et al.*, 2015; Aguilar *et al.*, 2023). En la República Mexicana, se siembran alrededor de 34,252 ha de brócoli de las cuales se obtiene una producción de 596,358 t y un rendimiento promedio de 17.44 t ha⁻¹. Siendo, los principales estados productores Guanajuato, Puebla, Sonora, Michoacán y Jalisco. En el caso del Estado de México se producen 4,179 t de brócoli con un rendimiento promedio de 13.99 t ha⁻¹ (SIAP, 2021).

Los fertilizantes químicos son las fuentes más utilizadas en el suelo para proporcionar los nutrientes esenciales a las plantas, con lo cual se puede fomentar un incremento en los rendimientos de los cultivos, así como mejorar la calidad de los alimentos (Salgado y Núñez, 2010). Sin embargo, la alta demanda de nutrientes por las plantas en este caso de brócoli ha generado una aplicación excesiva de los fertilizantes químicos, lo que ha propiciado durante muchos años serios problemas de contaminación. Por lo que es relevante hacer uso de fertilización menos agresivos como son los de origen orgánico, al ser insumos naturales pueden ayudar en la mejora de la fijación de nutrientes en la rizosfera, estimular el crecimiento de las plantas y aumentar la producción del cultivo, lo que a su vez pueden generar una reducción en los costos de producción, además de mejorar las condiciones ambientales (Llona y Faz, 2006; Carvajal y Mera, 2010).

Existen diversos estudios relacionados con la evaluación de las dosis adecuadas de fertilización química para el cultivo de brócoli, así como lo reportan Vidal-Martínez *et al.* (2006), Risco *et al.* (2016), Vivanco-Estrada *et al.* (2017) y Vidigal *et al.* (2021). Existe una gran diversidad de fertilizantes orgánicos que han sido estudiados en diferentes cultivos, sin embargo, son pocos los relacionados con el cultivo de brócoli (Diniz *et al.*, 2017; Llona y Faz, 2006 y Vargas *et al.*, 2019; Aguilar *et al.*, 2023). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la nutrición orgánica e inorgánica sobre el área foliar, peso fresco de las hojas e inflorescencia y rendimiento del cultivo de brócoli en condiciones de invernadero.

Metodología

El estudio se realizó en Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 27' 39" latitud norte y 98° 54' 15" longitud oeste a 2243 msnm), de junio a octubre de 2022. En invernadero de cristal el 1 de abril se sembraron semillas de brócoli "Monaco" en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como

¹ Cid Aguilar Carpio Dr. es Investigador Auxiliar Adjunto del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. aguilar.cid@colpos.mx (autor correspondiente)

² El Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada es Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. jasee@colpos.mx

³ La Dra. Yessica Flor Cervantes Adame es Profesora de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM, Ayala, Morelos. yessica.cervantes@uaem.mx.

⁴ La MC. Adriana Pérez Ramírez, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos pera1283@yahoo.com.mx

sustrato de germinación a BM2 Berger[®], en donde se colocó una semilla por cavidad. A los 30 días después de la siembra se realizó el trasplante en bolsas de polietileno.

Los tratamientos fueron la solución nutritiva de Steiner (1984), la aplicación de algas marinas y extracto de nopal. Los fertilizantes que se usaron para preparar la solución nutritiva fueron nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio y fosfato monopotásico. Los microelementos se aplicaron mediante mezcla comercial de quelatos (Ultrasol Micro Mix, SQM[®]), en dosis de 40 g por cada 500 L de solución nutritiva. Para calcular esta dosis se consideró el suministro de 3 ppm de hierro (Fe), ya que la mezcla comercial de micronutrientes contiene las siguientes concentraciones en porcentaje: Fe (7.5), Mn (3.7), B (0.4), Zn (0.6), Cu (0.3), y Mo (0.2). El pH se ajustó entre 5.6 y 6.0 con ácido sulfúrico. El riego se realizó diariamente y varió de 0.5 a 1.0 L de la solución nutritiva por maceta en función del crecimiento del cultivo. Las algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y el extracto de nopal se aplicó en drech al momento del trasplante y a los 20 y 40 ddt.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por cuatro bolsas de polietileno color negro de 8 L de capacidad, llenadas con tezontle como sustrato, con granulometría de 1 a 10 mm.

Las variables fueron evaluadas a la madurez comercial del cultivo, mediante muestreos destructivos de cuatro plantas por tratamiento y repetición; en el muestreo se midió el peso fresco de la hoja e inflorescencia por planta (g) cuantificada con una báscula digital (OHAUS[®]), con aproximación de 0.0001 g. Las muestras se secaron a 70 °C en una estufa de circulación de aire forzado durante 72 horas. Asimismo, se registró el área foliar (cm²) con el medidor electrónico LICOR 3100 (USA). También se evaluó el rendimiento del cultivo (g m⁻²) en una superficie determinada.

A las variables en estudio, se les aplicó un análisis de varianza, con el programa estadístico de SAS Versión 9.0 (2003) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados

Área foliar

El análisis de varianza mostró diferencias significativas por efecto de la aplicación de los fertilizantes orgánicos respecto al químico (Figura 1). La mayor área foliar se logró con la solución Steiner en combinación con el extracto de nopal, así como con las algas marinas, respecto a la solución Steiner, donde se observaron los valores más bajos. Lo anterior sugiere, que los fertilizantes biológicos promovieron un aumento en el dosel vegetal. Resultados que también fueron observadas por Vargas *et al.* (2019) en el número de la hoja, el cual se incrementó con la aplicación de diferentes fuentes de origen orgánico (algas marinas, biol, humus, purín, gallinaza) en comparación al testigo sin aplicación, que, a su vez está relacionado con un mayor dosel vegetal.

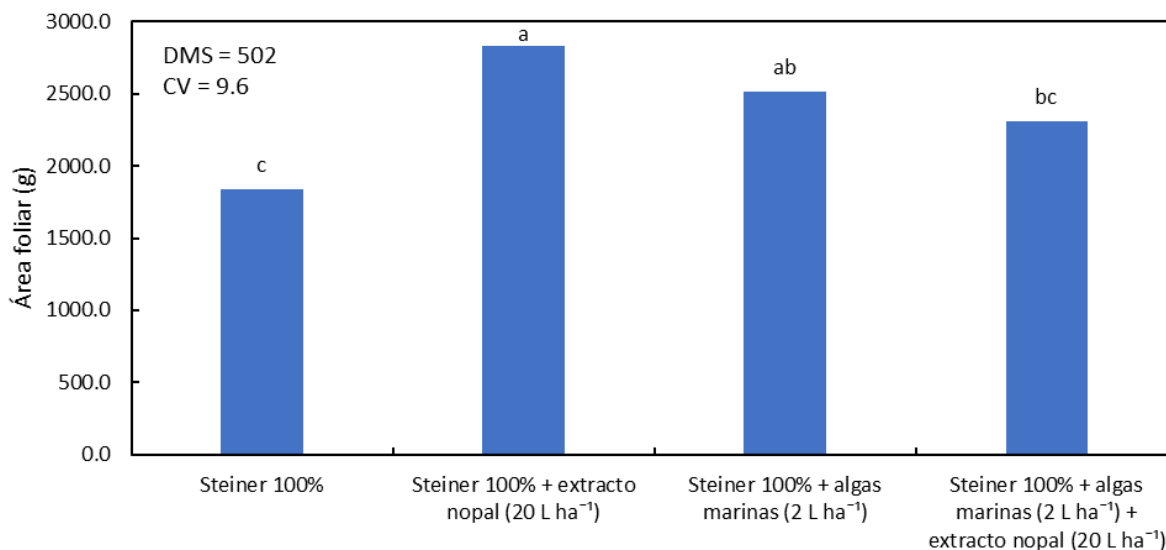


Figura 1. Efecto de la solución nutritiva Steiner en asociación con algas marinas y extracto de nopal en el área foliar en plantas de brócoli.

Peso fresco de hoja

En cuanto al peso fresco de hoja, se observó que las diferentes combinaciones de la solución Steiner más extracto de nopal y algas marinas presentaron los valores más alto, los cuales fueron significativos respecto a la

solución Steiner (Figura 2). El peso fresco de las hojas por planta presentó un aumento por efecto de la fertilización orgánica, independientemente de la fuente utilizada. Lo anterior, se relaciona a lo encontrado por Aguilar *et al.* (2023) en donde observaron un aumento en el peso seco de hojas con la aplicación de algas marinas y extracto de nopal en asociación con la solución Steiner.

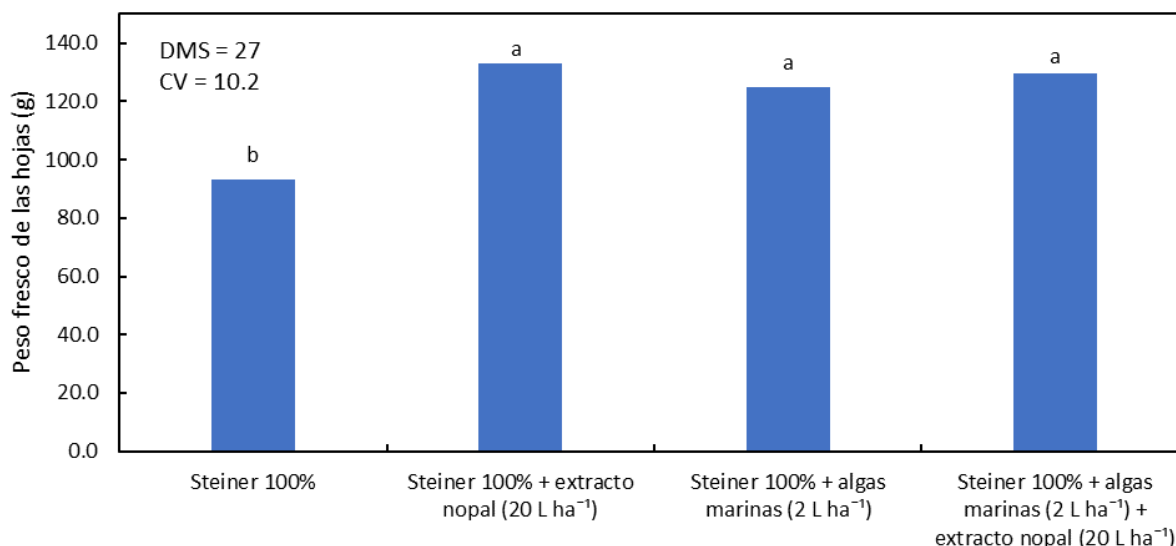


Figura 2. Efecto de la solución nutritiva Steiner en asociación con algas marinas y extracto de nopal en el peso fresco de hojas en plantas de brócoli.

Peso fresco de inflorescencia

Para el peso fresco de la inflorescencia se encontró que la aplicación de la solución Steiner + Algas marina generó los valores más altos al igual que la solución nutritiva + algas marinas + extracto de nopal, tratamientos no fueron significativos entre ellos, solo con respecto a la solución Steiner (Figura 3). Es evidente que las algas marinas influyeron en el peso de la inflorescencia, lo cual se relaciona con el aumento en la producción del cultivo. Por su parte, Vargas *et al.* (2019) encontraron que con la aplicación de diferentes abonos orgánicos lograron aumentar el peso fresco de la inflorescencia respecto al testigo sin aplicación, lo que corrobora la importancia de complementar la fertilización química con productos de origen orgánico.

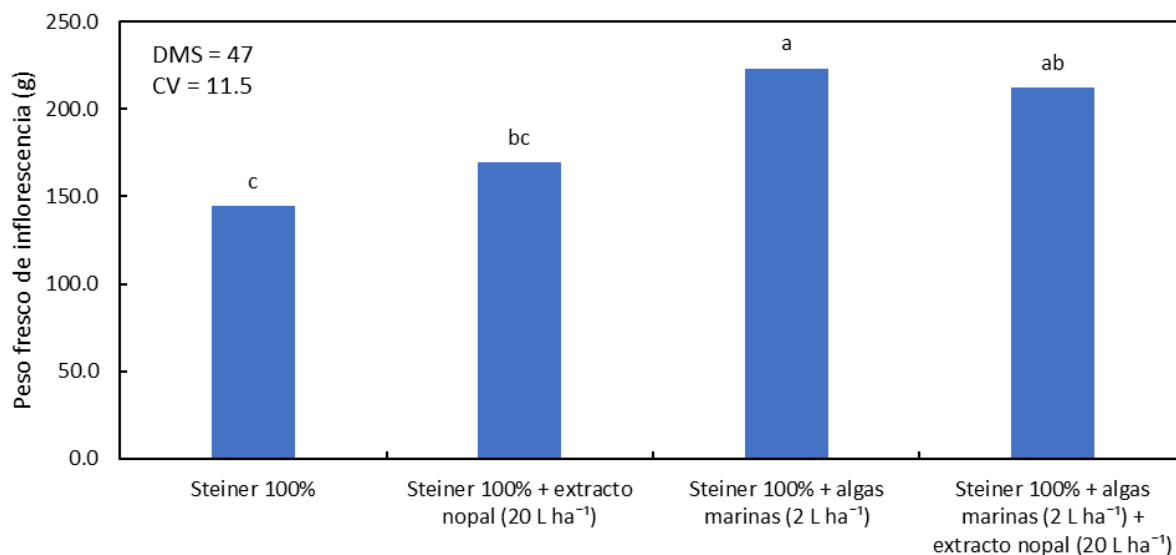


Figura 3. Efecto de la solución nutritiva Steiner en asociación con algas marinas y extracto de nopal en el peso fresco de la inflorescencia de plantas de brócoli.

Rendimiento del cultivo

El rendimiento más alto se logró con la solución Steiner 100% + algas marinas, seguido de la combinación con algas marinas más el extracto de nopal, los cuales mostraron diferencias significativas respecto al testigo (Steiner 100%) (Figura 4). Por lo que, se observa que la aplicación de las algas marinas promovió un incremento en el rendimiento comercial del cultivo. Esto nos señala, la importancia de uso de fertilizantes de origen orgánico (Aguilar *et al.*, 2023). Al respecto, Llona y Faz (2006) y Diniz *et al.* (2017) observó que la aplicación de diferentes dosis de abonos verdes generó un incremento la producción en el cultivo de brócoli. Estos resultados confirman el hecho de que los fertilizantes orgánicos promueven de manera significativa en la producción del cultivo de brócoli.

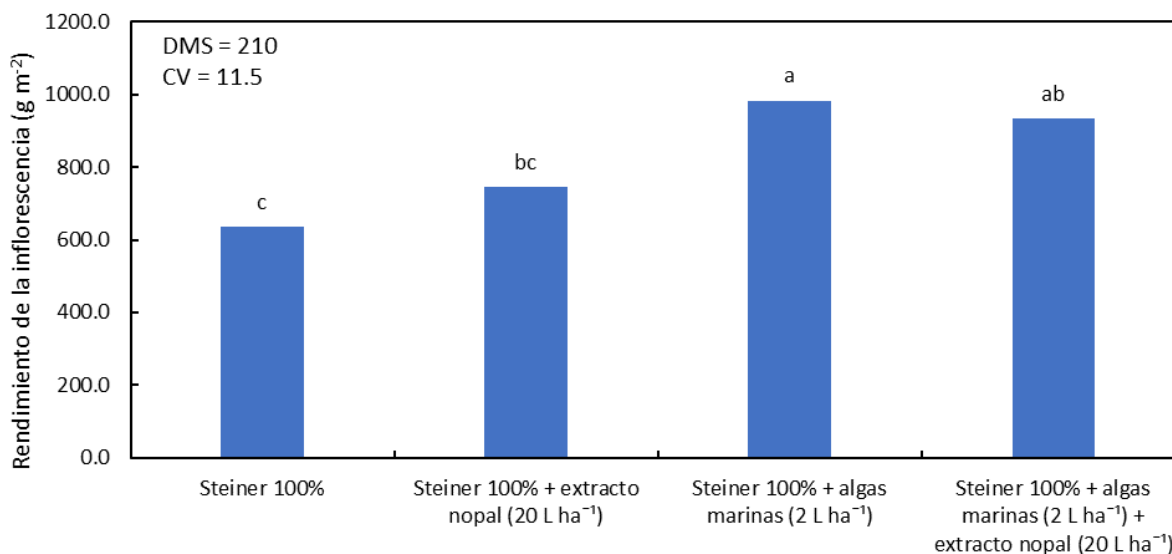


Figura 4. Efecto de la solución nutritiva Steiner en asociación con algas marinas y extracto de nopal en el rendimiento en el cultivo de brócoli.

Conclusiones

La mayor área foliar se logró con la asociación de la solución Steiner + extracto de nopal al igual que con las algas marinas. En el peso fresco de la hoja se encontró que la aplicación de los fertilizantes orgánicos promovió un incremento significativo con relación a la fertilización química. En el caso del peso fresco de la inflorescencia y el rendimiento del cultivo se observó que la aplicación de las algas marinas, así como la combinación de la solución Steiner + algas marinas + extracto de nopal, generaron los valores más altos.

Referencias

- Aguilar, C. C., Escalante, E. J. A. S., Cervantes, A. Y. F. y Pérez, R. A. 2023. Fertilización Química y Biológica: su Efecto en la Producción de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica* Plenck). La Investigación en las Ingenierías como Herramienta para Identificar Retos y Oportunidades Posteriores a una Crisis. 1: 1-5.
- Carvajal-Muñoz, J. S. y Mera-Benavides, A. C. 2010. Fertilización biológica: técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + Limpia*. 5(2): 77-96.
- Diniz, E. R., Vargas, T. O., Pereira, W. D., Santos, R. H. S., Urquiaga, S. y Modolo, A. J. 2017. Levels of *Crotalaria juncea* on growth, production, recovery, and efficiency of the use of n in broccoli. *Horticultura Brasileira*. 35: 395-401. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170313>
- Llona, C. M. y Faz, C. A. 2006. Efectos en el sistema suelo-planta después de tres años de aplicación de purín de cerdo como fertilizante en un cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición vegetal*. 6(1): 41-51.
- Paniagua-Pardo, G., Hernández-Aguilar, C., Rico-Martínez, F., Domínguez-Pacheco, F. A., Martínez-Ortiz, E. y Martínez-González, C. 2015. Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*. 40: 199-212.
- Risco, A. D., Gutiérrez, A. A. C. y Buenaño, S. M. E. 2016. Crecimiento, producción y calidad de brócoli cultivado bajo diferentes dosis de abono nitrogenado. *Investigación Agraria*. 18(1): 44-48.
- Salgado, G. S. y Núñez, E. R. 2010. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Primera Edición. Ed. Colegio de Postgraduados. 146 p.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria). 2021. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA. México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In Proc. 6th International Congress on Soilless Culture (pp: 633–649). ISOSC. Wageningen, The Netherlands.
- Vargas, G. P. I., Vargas, G. M. I. y Moya, S. J. J. 2019. Efecto de los abonos orgánicos aplicados al suelo y follaje, sobre la fisiología del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*). Revista Caribeña de Ciencias Sociales
- Vidal-Martínez, J. L., Núñez-Escobar, R., Lazcano-Ferrat, I., Etchevers-Barra, J. D. y Carrillo-González, R. 2006. Nutrición potásica del brócoli (*Brassica oleracea*) con manejo convencional y fertirrigación en un vertisol en invernadero. Agrocienca. 40: 1-11.
- Vidigal, S. M., Puiatti, M., De C Lopes, I. P. y Sedyama, M. A. N. 2021. Nitrogen content, SPAD index and production of single head broccoli. Horticultura Brasileira. 39: 52-57
- Vivanco-Estrada, R. A., Gavi-Reyes, F., Razo-Contreras, D., Sánchez-Rodríguez, E. y Coria-Téllez, A. 2017. Incremento de calidad y menor costo de producción de brócoli (*Brassica oleracea* L.) mediante nutrición balanceada vía fertirriego. Agroproductividad. 10(9): 15-19.

Modelado y Simulación de un Cicloconvertidor con un Enfoque Bond Graph

Dr. Gerardo Ayala Jaimes¹, Dr. Gilberto González Avalos², Alejandro Amézquita Llanos³.

Resumen— Se presenta el modelado de un cicloconvertidor en Bond Graph compuesto por fuente de alimentación corriente alterna, dinámicas híbridas, control de interruptores y carga resistiva. El modelado en Bond Graph permite obtener sistemas formados por diferentes dominios de energía y obtener análisis estructural. Los cicloconvertidores como control de motores son un buen ejemplo para mostrar la viabilidad de un modelado gráfico. El sistema de conversión de energía eléctrica a modelar es monofásico; se propone el uso de Bonds para modelar la interacción híbrida del sistema. Para mostrar los resultados se presenta la simulación del modelo gráfico utilizando el Software 20Sim y Multisim. La motivación para desarrollar estos modelos en un enfoque gráfico es diseñar y construir convertidores de energía a bajo costo. Por lo tanto, la principal contribución de este documento es el modelo y simulación de un cicloconvertidor monofásico con un enfoque gráfico.

Palabras clave— Bond Graph, Sistema Híbrido, Rectificador, cicloconvertidor, Modelado.

Introducción

La comunidad científica tiene en común que hay un futuro prometedor para las energías alternativas, en los últimos años, ha habido un aumento en la inversión en fuentes de energía renovable y sostenible, como la energía geotérmica, eólica, solar, hidroeléctrica, etc. Esto se debe a múltiples factores como el notable cambio climático, el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, y dependencia de los combustibles fósiles que hoy en día se tiene en la mayoría de los países de todo el mundo. Si bien, las energías alternativas ofrecen una posible solución para mitigar el impacto climático. Actualmente ha habido un significativo avance en la tecnología para la generación de energía, lo que conlleva a la reducción de precios en dicha tecnología. Además, los gobiernos y los representantes del sector privado están adoptando políticas y programas que fomentan el desarrollo y la adopción de estas alternativas, como subsidios, estímulos fiscales y estándares en la producción de la energía.

Si bien todavía existen retos en términos de combinación en la red eléctrica, almacenamiento de energía y desarrollo de infraestructuras, se pronostica que estos obstáculos se superen con el tiempo a medida que avanza la tecnología y se realizan más inversiones en investigación y desarrollo, de igual manera, se ha desprendido una necesidad que crear herramientas que ayuden al modelado, análisis y control de dinámicas al momento de transformar y adaptar los sistemas de conversión de energía. En el caso de los sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y todos los que involucren ingeniería e intercambio de energía, es bien sabido que estos involucran procesos muy complejos a la hora de transformar energía de corriente alterna a corriente alterna, además de que año con año siguen creciendo y englobando nuevos desarrollos científicos. De igual manera, contienen elementos de diferentes dominios de energía que interactúan en conjunto (voltaje, corriente, torque, velocidad rotacional, etc.). Con la perspectiva de una progresiva industria en constante evolución, la necesidad de seguridad en sistemas complejos de control, monitoreo y supervisión y modelado para perpetuar la funcionalidad de un proceso de conversión.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de un convertidor de corriente alterna a corriente a corriente alterna, dichos circuitos son sistemas híbridos complejos, pero utilizando la metodología de Bon Graph podemos modelar dichas dinámicas, aunado al enfoque teórico se obtienen modelos basados en principios de conmutación física. Esos sistemas en general incluyen múltiples dinámicas y dominios de energía. Se propone el uso gráfico porque generaliza el intercambio de energía entre los puertos de alimentación de los componentes del sistema, utilizando dos variables globales (esfuerzo y flujo), es decir, permite evaluar un modelo considerando cambios en la dinámica interna del sistema.

¹ El Dr. Gerardo Ayala Jaimes es profesor de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México. ayala.gerardo@uabc.edu.mx (autor correspondiente)

² El Dr. Gilberto González Profesor, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Michoacán, Morelia, México. gilmichga@yahoo.com.mx

³ El C. Alejandro Amézquita Llanos es estudiante de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México. amezquita.alejandro@uabc.edu.mx

Descripción del Método

Modelado en Bond Graph.

En diferentes sistemas, los distintos estados de energía se pueden almacenar, disipar o cambiar de estado. Por ejemplo, si acoplamos un par de sistemas, ambos tendrán distintas representaciones energéticas; por consiguiente, al usar Bond Graph (BG), el sistema de intercambio de energía se puede simbolizar con una media flecha que en este trabajo llamaremos enlace (Borutzky, W. (2009)).

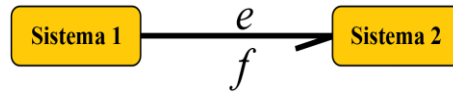


Figura 1. Bond de intercambio de energía.

Además, la potencia instantánea se expresa en el tiempo y, por lo tanto, se presenta mediante la multiplicación de dos variables $P(t) = e(t)f(t)$.

La relación entre estas dos variables tiene implicaciones físicas. Por ejemplo, en el caso del circuito eléctrico tenemos un voltaje $e(t)$, una corriente que está representada por $f(t)$, y la potencia eléctrica en vatios relacionada con $P(t)$. En consecuencia, en la teoría de Bon Graph, cada bon está conformado por dos variables asociadas con su valor. Estos están correlacionados con un esfuerzo y un flujo. Si dos puertos están unidos, la potencia puede fluir a través de los puertos acoplados y la potencia puede expresarse como el producto de un esfuerzo y una cantidad de flujo. Además, esta técnica utiliza otras dos variables: una basada en la energía, y una dinámica, que representa el desplazamiento $q(t)$ y momento $p(t)$.

$$p(t) \equiv \int_0^t e(t)dt = p_0 + \int_0^t e(t)dt, \quad q(t) \equiv \int_0^t f(t)dt = q_0 + \int_0^t f(t)dt \quad 1$$

$$\frac{dp(t)}{dt} = e(t), \quad \frac{dq(t)}{dt} = f(t)$$

Para explicar el modelado gráfico se presenta un ejemplo de un motor de Corriente Continua (CC) básico (ver Figura 2 izquierda) controlado por una entrada de voltaje V_a , que genera una transferencia de corriente i y una velocidad angular ω . Los devanados tienen una inductancia interna I_a y resistencia R_a . Por otro lado, consideramos el momento de inercia J y su respectiva fricción b . Del mismo modo, en la figura 2 lado derecho se muestra la interacción de todos los elementos a modelar mediante las semi-flechas, mostrando la distribución de la energía en todo nuestro sistema que, en este caso, pasa de la fuente de alimentación al giro del motor.

En Bond Graph existen distintos tipos de elementos, activos y pasivos, que se encargan de representar la distribución, el almacenamiento y la disipación de la energía a través del sistema. El primero es el elemento resistivo, el cual representa una relación entre esfuerzo y flujo. Un ejemplo más claro es la resistencia eléctrica en la ley de Ohm (R_a). Ésta se puede visualizar en la Figura 2 en el elemento $R:R_b$, La alimentación que toma el sistema se toma de una batería o una conexión de externa y en BG se usa el elemento Se , La inductancia se representa con el elemento de almacenamiento $I:I_a$ visualizado en el modelo.

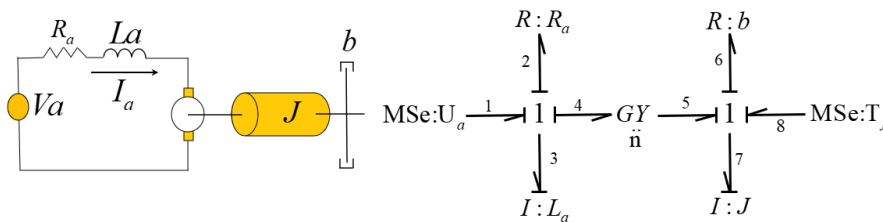


Figura 2. Modelo de un Motor de CC (Izquierda), Modelo en Bond Graph (Derecha)

Desarrollo

Cicloconvertidor.

Un convertidor es un sistema que transforma la corriente alterna en corriente alterna, es decir, cambia las características de esta a distintas frecuencias o magnitudes de salida, estos sistemas permiten la conversión de frecuencia directamente entre dos formas de onda de CA sin pasar por una etapa intermedia de corriente continua. Se utilizan comúnmente en aplicaciones que requieren el control de velocidad de motores de corriente alterna de alta potencia, como motores de tracción de trenes, molinos de acero, sistemas de propulsión naval y otras aplicaciones industriales. También se utilizan en sistemas de generación de energía eólica y en sistemas de transmisión de energía eléctrica de corriente alterna a larga distancia. Existen diferentes tipos de cicloconvertidores, como el cicloconvertidor trifásico y el cicloconvertidor monofásico. El cicloconvertidor trifásico permite la conversión de frecuencia entre dos sistemas trifásicos de corriente alterna, mientras que el cicloconvertidor monofásico permite la conversión de frecuencia entre un sistema monofásico de corriente alterna y un sistema trifásico de corriente alterna.

El principio de funcionamiento de un cicloconvertidor (ver figura 3) se basa en el control de la conmutación de los dispositivos de potencia, como los tiristores ($P_1, P_2, P_3, P_4, N_1, N_2, N_3, N_4$), para generar la forma de onda de salida deseada. El sistema puede funcionar en diferentes modos de operación, como el modo de operación unidireccional y el modo de operación bidireccional, dependiendo de los requisitos de la aplicación. Resumidamente, un cicloconvertidor es un dispositivo que permite la conversión directa de la frecuencia de la corriente alterna entre dos formas de onda de CA. Se utiliza en aplicaciones de control de velocidad de motores de alta potencia y en sistemas de transmisión de energía eléctrica a larga distancia. Por consiguiente, es posible obtener tanto un voltaje monofásico como uno trifásico. En el presente trabajo solamente se abordará el primero mencionado y el modelado se llevará a cabo usando Bond Graph.

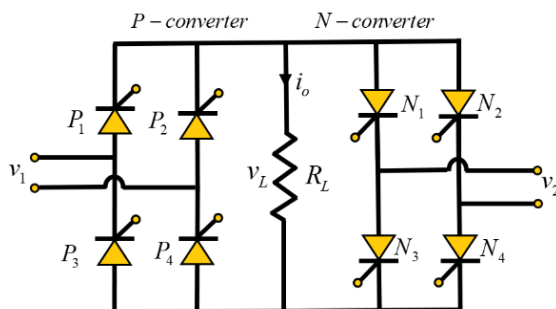


Figura 3. Circuito de potencia para un cicloconvertidor puente monofásico.

El control de voltaje se logra mediante el control de fase bajo conmutación natural utilizando pares de rectificadores controlados por silicio (SCR) o triacs o mediante control de encendido/apagado bajo conmutación forzada/autoconmutación usando interruptores auto conmutados totalmente controlados, como tiristores de desactivación de puerta (GTO), transistores de potencia, transistor bipolar de puerta integrada (IGBT), tiristores controlados por MOS (MCT), tiristor conmutado de puerta integrada (IGCT), etc. (Rashid, M. (2017))

Usando la ecuación (2) el valor promedio de la salida puede ser encontrado como,

$$v_{prom} = \frac{1}{\kappa T} \int_0^{\kappa T} v_1 dt \quad (2)$$

Similar a la ecuación (2), integrando la función de la entrada de voltaje y puede ser calculado como,

$$v_{prom} = \frac{1}{\kappa T} \int_0^{\kappa T} v_m \sin(\omega t) d(\omega t) \quad (3)$$

Los rectificadores de una fase son adecuados solo para aplicaciones de baja y media potencia. No obstante, en el uso de potencias por arriba de los 15kW, por esta razón, se deben emplear rectificadores de diodos trifásicos o polifásicos.

Modelado de un cicloconvertidor monofásico.

El principal objetivo de este artículo es mostrar cómo a partir de un modelado simple de Bond Graph se puede crear un convertidor de CA-CA que contribuya a analizar características complejas, como análisis de transitorios o aplicaciones para sistemas híbridos. El cicloconvertidor consiste en rectificar un voltaje sinusoidal a partir de una señal sinusoidal positivo y otra sección rectificadora negativa, es una birectificación por la característica de que es posible cambiar la cantidad de semiciclos con tan sólo cambiar el control de la unión **X1**, aunado a la posibilidad de considerar la activación o desactivación de todos los elementos conectados a la unión con el fin de emular la dinámica de un diodo cuando conduce su nivel de umbral. Este modelado se le conoce como híbrido debido a la conmutación de distintos estados.

En la figura 4, se muestra el modelo en Bond Graph, donde las dos entradas v_1 y v_2 son representadas por un elemento **Se**, b_1 simboliza la resistencia al paso de la corriente por el elemento, V_{CD} es la caída de voltaje en el tiristor, idealmente no debería haber ninguna con el flujo de corriente, pero para este modelo se considera una pequeña pérdida de voltaje debido a la resistencia directa y al voltaje de ruptura directo, el material a emular es el silicio con un decremento de alrededor de 0.7 voltios por tiristor. El elemento transformador TF se encarga de emular la estructura puente la cual solo deja pasar los semiciclos de una fuente, R_L es la carga resistiva y finalmente V_L es la salida.

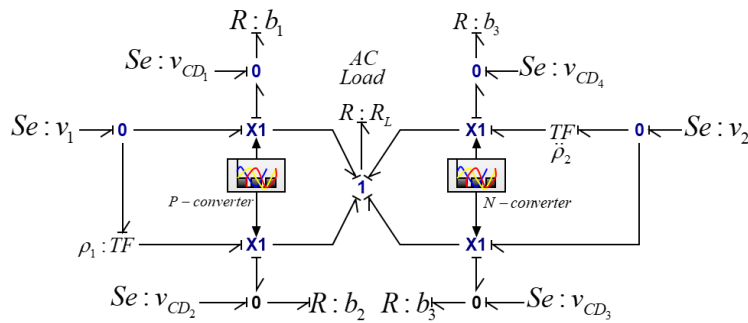


Figura 4. Inversor trifásico de nueve niveles.

Simulaciones.

Para mostrar la efectividad de los modelos en Bond Graph se representan los resultados de la simulación de la Figura 5, donde se muestra en rojo la salida de voltaje V_{RL} donde el control permite la rectificación de cuatro semiciclos y posteriormente rectificar otros cuatro semiciclos negativos, podemos comparar la señal de entrada con la salida pasando de 60 Hz a 15 Hz, dichas dinámicas son reproducidas usando el software 20Sim, el software es una herramienta de modelado y simulación de sistemas dinámicos, incluidos sistemas físicos, eléctricos, mecánicos y de control, permitiendo ser el entorno virtual idóneo para modelar el cicloconvertidor y son comparadas con su contraparte Multisim, igual manera es un software de diseño y simulación de circuitos electrónicos desarrollado por National Instruments que se utiliza ampliamente en el campo de la electrónica y la ingeniería para el diseño, análisis y prueba de circuitos.

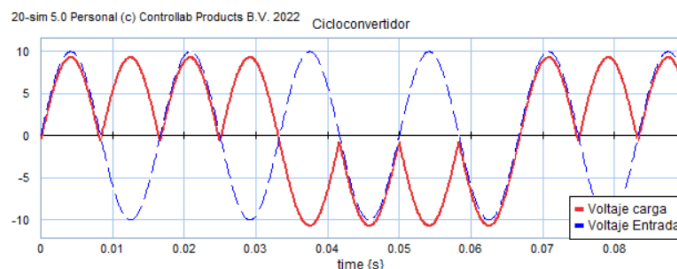


Figura 5. Dinámica de los voltajes en 20Sim.

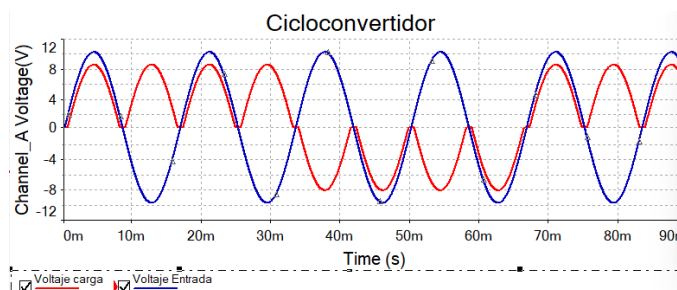


Figura 6. Dinámica de los voltajes en Multisim.

Conclusiones.

El sistema eléctrico formado por diferentes elementos de energía y transformación, disipación, almacenamiento y conmutación, pueden ser modelados e inclusive, diseñar la dinámica híbrida. Por lo tanto, la metodología del modelado en Bond Graph permite modelar estos elementos de un convertidor de energía en un enfoque unificado. Las uniones híbridas sirven como conmutación para emular un dispositivo electrónica de potencia ideal. Los modos discontinuos en la electrónica de potencia a menudo se ignoran, pero de esta manera podemos aprovechar las herramientas Híbrid Bond Graph para sistemas discontinuos. El uso del gráfico MultiBond simplifica para sistemas más complejos como es el caso de inversores trifásicos. Esta metodología puede ampliarse para otros convertidores de energía como los cicloconvertidores.

Referencias

- Breedveld, P. C. (1985). Multibond graph elements in physical systems theory. *Journal of the Franklin Institute*, 319(1-2), 1-36.
- Borutzky, W. (2009). *Bond graph methodology: development and analysis of multidisciplinary dynamic system models*. Springer Science & Business Media.
- Rashid, M. H. (Ed.). (2017). *Power electronics handbook*. Butterworth-heinemann.
- Etxeberri, J.M. y J.A. Blanco Gorrichóa. (2003). Un método óptimo para la extracción de proteínas del mero en Bilbao, *Revista Castellana (en línea)*, Vol. 2, No. 12, 2003, consultada por Internet el 21 de abril del 2004. Dirección de internet: <http://revistacastellana.com.es>.
- Nagaraju, B., & Prakash, K. (2011). Modeling and simulation of a single-phase photovoltaic inverter and investigation of switching strategies for harmonic minimization. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 1(5), 394.
- Rodriguez, J., Lai, J. S., & Peng, F. Z. (2002). Multilevel inverters: a survey of topologies, controls, and applications. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 49(4), 724-738.
- Tiernego, M. J. L., & Bos, A. M. (1985). Modelling the dynamics and kinematics of mechanical systems with multibond graphs. *Journal of the Franklin Institute*, 319(1-2), 37-50.

Notas Biográficas

El **Dr. Gerardo Ayala Jaimes** obtuvo su doctorado en Ciencias de la Ingeniería Automática e Informática de la Universidad de Lille 1 en Francia. Actualmente es profesor de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México. Sus intereses de investigación incluyen modelado, electrónica de potencia, bond-graph y detección de fallas.

El **Dr. Gilberto González Avalos** obtuvo su doctorado en Ciencias en ingeniería Eléctrica de la universidad Autónoma de Nuevo León. Actualmente es profesor de la facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. Sus intereses de investigación incluyen modelado, electrónica de potencia, bond-graph y análisis de sistemas.

El **C. Alejandro Amézquita Llanos** estudia su licenciatura en Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México. Sus intereses de estudio incluyen la electrónica de potencia y eléctrica.

Análisis de Falla y Caracterización de Cortador de Carburo HSS T4

Karet Alexandra Ayala Sandoval¹, Valeria Marisol Cuevas Aceves²

Resumen—Se realizó la caracterización y análisis de falla de un cortador de carburo sólido que sufrió una fractura durante su funcionamiento. El objetivo principal de este análisis fue determinar la causa de la fractura utilizando diversas técnicas de caracterización de materiales. Se utilizaron las siguientes técnicas: inspección visual, ensayo de dureza Rockwell, análisis químico por dispersión de energía de rayos X (EDS) y fractografía por microscopio electrónico de barrido (MEB). Los resultados revelaron la presencia de marcas de playa consistentes con el fallo por fatiga, lo que sugiere que el fallo fue causado por cargas cíclicas repetitivas. Se determinó que el fallo del cortador de carburo sólido fue causado por fatiga debido al mal uso por parte de los usuarios, probablemente debido a una carga cíclica excesiva, ya que las propiedades mecánicas del cortador cumplen los estándares indicados por las normas ASTM.

Palabras clave—HSS, MEB, falla, fatiga, EDS.

Introducción

La caracterización de materiales y el análisis de fallas es uno de las ramas más importantes para asegurar la calidad de productos y materiales, así como para asegurar el correcto funcionamiento de estos mismos. Para este artículo se realiza esto antes mencionado en un cortador de carburo sólido que sufrió una fractura mientras este era utilizado, la necesidad de realizar un análisis de falla y caracterizar este cortador es para encontrar la razón detrás de que el cortador sufriera dicha fractura cuando estaba en sus primeras etapas de uso. Siendo este el principal objetivo, determinar si el cortador fallo debido a un mal uso por parte de los usuarios o no tiene las características acordes a las normas y las proporcionadas por el fabricante. Para poder llevar a cabo este análisis se han utilizado distintos métodos y técnicas que nos permiten conocer la composición química del cortador, así como determinar las propiedades mecánicas y observar el inicio de la fractura, siempre basándose en las normas ASTM las cuales nos indican los lineamientos necesarios para llevar a cabo estas técnicas de la manera adecuada para así poder obtener los mejores resultados.

Dentro de las técnicas que se utilizaron se encuentran la inspección visual que es el primer paso a realizar en un análisis de falla, ensayo de dureza Rockwell, un análisis químico a través de rayos X de energía dispersiva (EDS) y una fractografía por medio de un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Se espera que la fractura se haya dado por fatiga a causa de cargas cíclicas a causa de un mal uso por parte de los usuarios. La sección del artículo que lleva por título “antecedentes” se abordará toda la información necesaria para conocer el contexto de las características con las que se encontraba el cortador en el momento de suceder la fractura y así poder establecer un inicio en este análisis. A continuación, en la sección de “marco teórico” se encuentra la teoría necesaria para entender los resultados obtenidos, así como investigaciones similares que se han llevado a cabo. En la sección de “metodología” se desglosa con mayor extensión las técnicas ya antes mencionadas que se utilizarán para cumplir con el objetivo. Y todos los resultados obtenidos se encuentran en la sección de “procedimiento”.

La muestra a analizar se trata de un cortador de carburo sólido HSS tipo T4 según la norma ASTM A600 este tiene una composición de 0.70 de carbono, 3.75 de cromo, 0.80 de vanadio, 17.50 de Tungsteno y 4.25 de cobalto, con una dureza mínima de 63 HRC y cuenta con dos filos, tiene un diámetro de ¼ de pulgada de la marca Cobra Carbide. El cortador ya se había usado con anterioridad aproximadamente tres o cuatro veces y se había estado utilizando en una fresadora CNC VIWA T400, al momento de la falla se encontraba realizando una pieza en forma de aleta de cohete en una placa de aluminio de ½ pulgada trabajando a una velocidad de 1069 rpm a un 75%, cortando a una profundidad de 0.05 in por pasada, cuando este al estar realizando el contorno de la aleta y ser introducido en la placa se rompió desde la zona donde empiezan los filos del cortador.

Los antecedentes de operación de la muestra permiten conocer algunas razones de la fractura que se generó, sin embargo, una respuesta a este suceso debe de estar respaldado de diversos procesos a los que es sometida la pieza, ya que solo de esta manera podemos analizar la condición de la falla que se generó y poder identificar factores relevantes a la conclusión de la causa. Para esto se debe de seguir un proceso que empieza por un análisis visual de la pieza. Para determinar la causa del fallo de un material, hay que tener en cuenta los factores de tensión activos. Un factor de estrés es una influencia externa que puede ser una causa directa o indirecta de fallo. Comprender estas

¹ Karet Alexandra Ayala Sandoval es estudiante de Ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. karet.ayala@uabc.edu.mx.

² Valeria Marisol Cuevas Aceves es estudiante de Ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. valeria.cuevas@uabc.edu.mx.

influencias es importante para realizar un análisis de fallas eficaz y determinar la causa raíz. Del mismo modo, la mitigación de los factores de estrés es a menudo la solución más lógica para reducir la susceptibilidad al fallo.

Los fallos por fatiga tienen uno o más orígenes de fatiga (lugares de iniciación), una región de propagación progresiva de grietas por fatiga y una zona final de fractura rápida por sobrecarga, así lo menciona Reardon, A. C. (2011). La identificación de la ubicación y la naturaleza de los lugares de origen es importante en el análisis de los fallos por fatiga, ya que el inicio de la grieta por fatiga es con frecuencia el factor que controla la vida de la pieza en el proceso de fallo. Discontinuidades introducidas durante el procesamiento o la fabricación (por ejemplo, inclusiones anormalmente grandes, discontinuidades de soldadura, grietas por esmerilado) o durante el servicio (por ejemplo, corrosión, daños por impacto) pueden dar lugar a la aparición de grietas de fatiga en circunstancias en las que un componente sin defectos habría tenido una vida útil a la fatiga aceptable. Por el contrario, un diseño inadecuado, una carga excesiva o una baja resistencia del material a la fatiga pueden provocar un fallo por fatiga en ausencia de un "defecto" concreto en el lugar de origen, esto de acuerdo a J. Scutti, et. al. (2002).

Metodología

Se presenta un diagrama con las técnicas de caracterización que se estarán aplicando a la muestra a analizar, estas técnicas nos permiten conocer la constitución del material, así como conocer las propiedades físicas y mecánicas con las que cuenta y poder comprobar si cumple con las características correctas. A continuación, se describe el proceso:

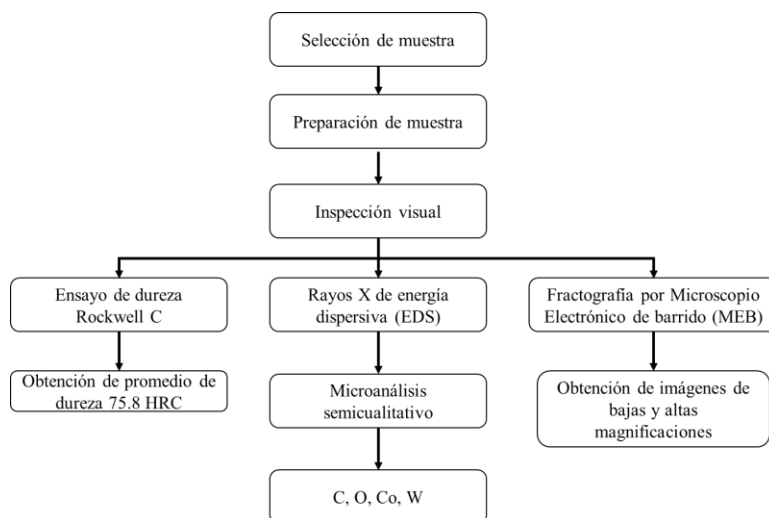


Fig. 1. Metodología del proceso de diseño y manufactura.

Inspección visual

En esta sección se aborda lo que se conoce como inspección visual, que es el primer paso dentro del análisis de fallas.

En la figura 2a, tenemos una vista general de la falla que se presentó en el cortador para fresadora, en ella podemos destacar el inicio de la fractura (color rojo) también observamos los ángulos de 45° resultantes en el cortador (amarillo), así como las líneas de propagación en la fractura (morado).

La figura 2b es donde podemos observar el inicio de la fractura. La figura 2c nos muestra una fractura dúctil, podemos reconocerla por el ángulo de 45° que forma, “cualquier fractura que provoque una cresta de 45° respecto a una superficie libre suele estar causada por un modo de fractura dúctil” J. Scutti, et. al. (2002). La propagación de la grieta se produjo en dos direcciones, en la figura 2d podemos observar de manera más detallada las líneas de propagación o también llamadas “marcas de playa” que se encuentran en la sección donde se generó la fractura, el área que abarcan estas líneas de propagación es a lo largo de los 45°. Cada banda de marca de playa representa un periodo de tiempo en el cual ocurrió la propagación de la grieta esto de acuerdo a Callister W. D. (2020).

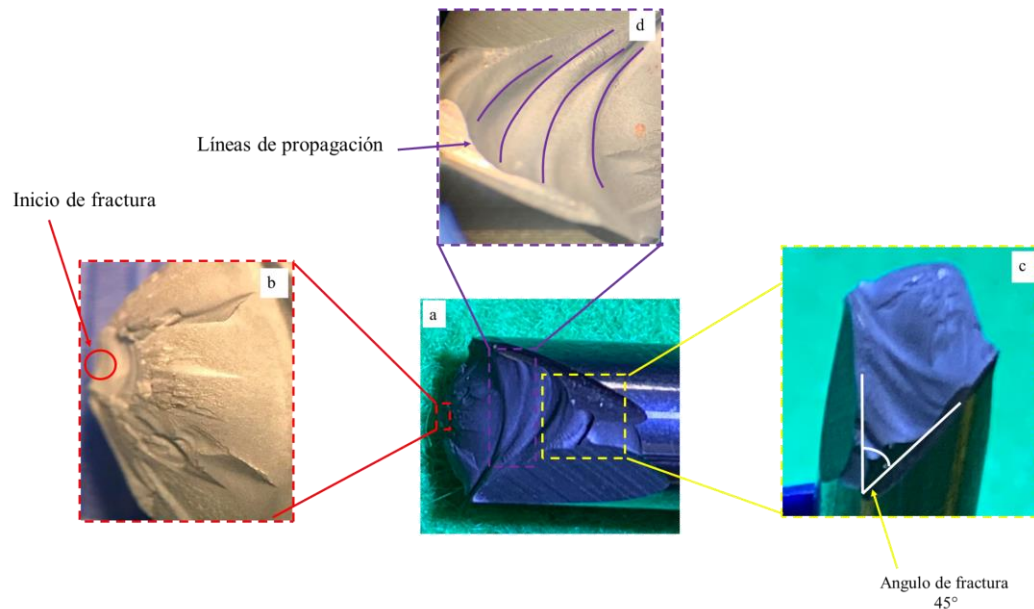


Fig. 2. a) Vista general; b) Inicio de fractura y líneas de propagación; c) Ángulo de fractura dúctil; d) marcas de playa.

Ensayo de Dureza Rockwell. Norma ASTM E18 - 22

Se realiza la medición de dureza Rockwell C utilizando un indentador de diamante, esta escala se aplica a materiales muy duros como lo son aceros endurecidos, aleaciones endurecidas y revenidas. Se realiza la prueba siguiendo las especificaciones descritas en la norma ASTM E18-03. El instrumento utilizado es Wilson Hardness Rockwell 574 Twin, en él se ingresó carga menor de 10 kgf, carga mayor de 150 kgf y un tiempo de aplicación de 2 segundos. Como propósito de obtener un resultado más exacto, se realizaron seis pruebas en la superficie de la muestra (cortador), la distancia entre cada centro de dos hendiduras fue de tres veces el diámetro de la hendidura generada tal como lo especifica norma ASTM E18-22.

Microscopio Electrónico de barrido (fractografía). Norma ASTM E1508-19.

Este proceso nos permite obtener imágenes de gran resolución con las cuales podemos analizar de una mejor manera la superficie de nuestra muestra. La imagen 3a es una vista cercana a 30x de la zona general del inicio de fractura, en ella observamos el punto de origen y la forma en la que se realizó la propagación de la fractura. La imagen 3b nos muestra una magnitud más alta (200x) cercana al punto de origen de la fractura, podemos observar estrías de fatiga, las cuales representan la distancia de avance de grieta durante un ciclo de carga, así lo menciona Callister W. D. (2020), estas estrías se arquean en dirección de la propagación de la grieta. Observamos cómo puede haber miles de estrías de fatiga dentro de una marca de playa (identificadas en figura 3b) tal como lo menciona Denis D. P. (2021).

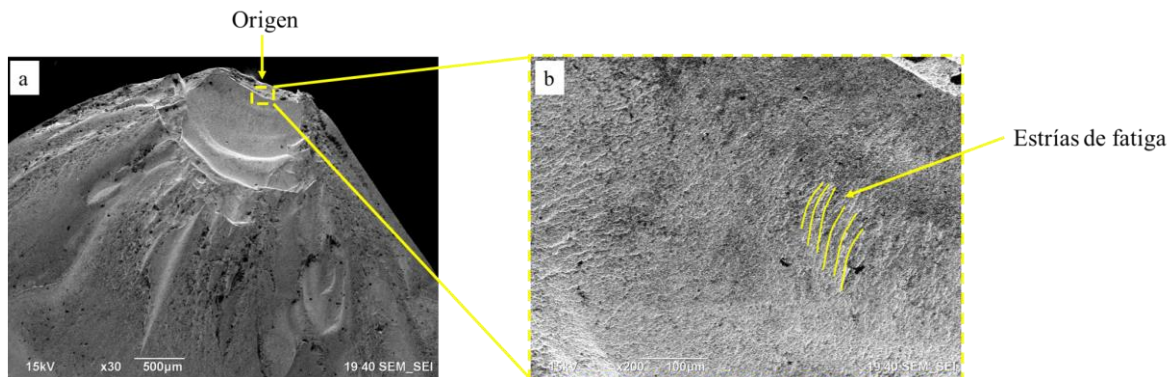


Fig. 3. a) Fractografía por microscopio electrónico de barrido mostrando vista general de zona de fractura a 30x; b) Identificación de zona de estrías por fatiga.

Análisis químico por EDS. Norma E1508-19.

Esta técnica nos permite la caracterización química de los materiales, en este caso para nuestra muestra se realizó un análisis semicualitativo. Observando la figura 4a la cual es una vista general del área donde se realizó el análisis químico siendo esta el área donde sucedió la fractura, este análisis nos arroja un espectro de los elementos presentes en esa área como el que se encuentra en la figura 4d. De igual manera en esta superficie se destacan zonas más oscuras como las que se observan en la figura 4b las cuales están señaladas por un contorno amarillo como indicador. En la figura 4c se marca el tamaño de las partículas presentes en el material (marcadas con el indicador de color rojo), las cuales tienen un tamaño promedio de 1µm.

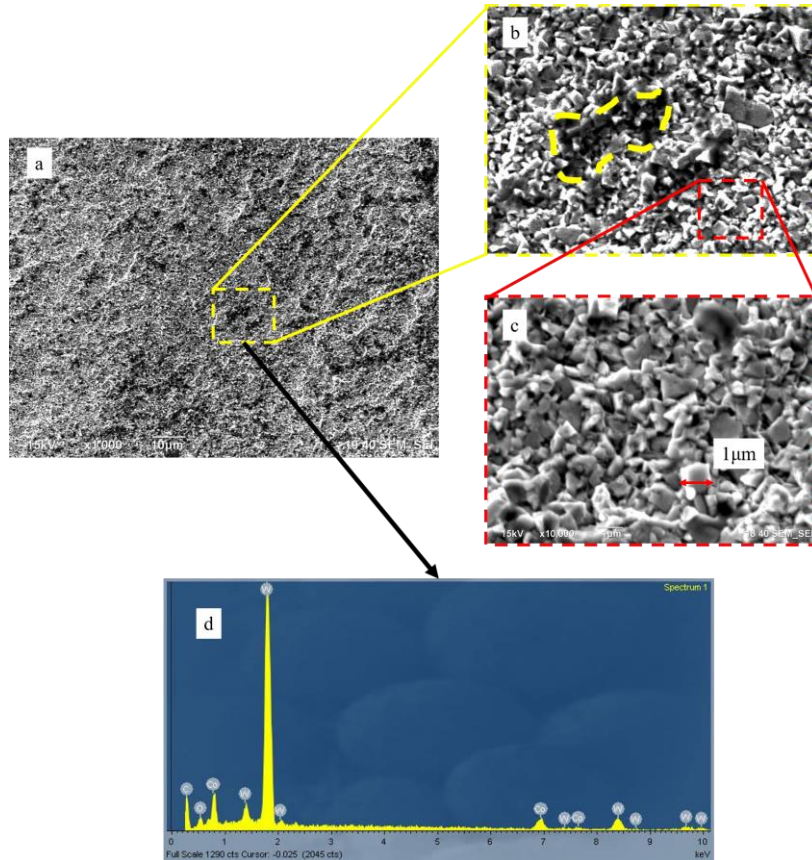


Fig. 4. a) Vista general; b) Impurezas presentes; c) Tamaño de partículas, d) Espectro de elementos presentes en la zona de fractura.

Análisis de Resultados

Durante la inspección visual se identificó en la figura 2b el inicio de la fractura, normalmente los inicios de las fracturas se encuentran en sitios donde existe una variación de geometría que es lo que aplica para este cortador ya que esta fractura se dio donde se encuentra el inicio de los fillos, cambiando de una superficie lisa a una superficie con forma de helicoides. Este tipo de ubicaciones donde la geometría cambia suelen tener una concentración de esfuerzos que pueden provocar el fallo, esto debido a que “las variaciones geométricas en las superficies pueden elevar localmente las tensiones y deformaciones, y los procesos de acumulación de daños” J. Scutti, et. al. (2002). De la misma manera en esta figura se observan las líneas de propagación que surgen desde el origen de la fractura como si fueran ramas desprendiendo, las cuales son las que distribuyen los esfuerzos acumulados. Una tercera observación que se puede destacar es que cerca del inicio de la fractura tiene un daño mecánico (flecha naranja) que es resultado del contacto del cortador con otra superficie que provocó que este se deformara.

El resultado de ensayo de dureza Rockwell C (promedio de 6 pruebas) se muestra en la tabla 1, este resultado nos demuestra que de acuerdo a la norma ASTM A600-10 el material cuenta con las propiedades mecánicas que promete.

Prueba	Resultado	Norma ASTM A600-10
Dureza Rockwell C	75.8 HRC	63 HRC (mínimo)

Tabla 1. Promedio de resultados de dureza.

El análisis químico tiene como resultado que los elementos que se encuentran presentes en el área examinada son los siguientes que podemos observar en la tabla 2, de la cual podemos mencionar que el contenido de tungsteno es alto con un 71.65% lo que nos indica que es un cortador con recubrimiento de tungsteno como se menciona en un inicio, pero lo que destaca de este análisis es que el contenido de carbono es muy alto comparado con el que debería de contener un cortador de estas características, esto siendo resultado de impurezas presentes en la muestra. Observando la figura 4b las zonas más oscuras antes mencionadas, estas son el origen de este alto contenido de carbono. por lo que podemos llamarlas zonas de impurezas.

Elemento	Peso %	Atómico %
C	15.89	63.69
O	3.36	10.10
Co	9.11	7.44
W	71.65	18.77
Total	100	100

Tabla 2. Porcentajes de concentración de elementos en la muestra.

Conclusiones

Al término de los análisis a los que se sometió el cortador de carburo sólido HSS tipo T4 se identificó la zona de fractura ubicada en el inicio de los filos. Se descartó que el motivo de la fractura haya sido por defectos en el material y/o por distintas propiedades mecánicas del material con un estudio de dureza, el cual se obtuvo como resultado 75.8 HRC, que de acuerdo a la norma ASTM A600-10 el mínimo para este material es 63 HRC, por lo que se demostró que el material cumple con las propiedades mecánicas indicada en la norma ya que se encuentra dentro del rango. Además se realizó un análisis de las imágenes obtenidas mediante microscopio electrónico de barrido (MEB) en las que se identificó el origen de la fractura y marcas de estrías de fatiga, se realizó un análisis químico en donde se encontró tungsteno en un porcentaje dentro del material de 71.5% y cobalto en 9.11% respecto al peso total de la muestra, sin embargo a parte de un porcentaje de impurezas las cuales se mencionan que es correspondiente a un alto porcentaje de carbono no se encontró ninguna anomalía referente al material, por lo que se deduce que estas impurezas son provenientes de que a la hora de suceder la fractura esta estuvo en contacto con sustancias con alto contenido de carbono como por ejemplo el refrigerante usado en la fresadora y residuos en el retazo de tela que se utilizó para limpiar el cortador. Al realizar una inspección visual se observó la propagación de la fractura como marcas de playa que, de acuerdo a una obtención de imágenes a bajas y altas magnitudes se encontraron dentro de estas marcas, estrías características de fatiga, por lo que confirmamos que la fractura que experimentó el cortador fue una fractura por fatiga. Además, al encontrarse marcas de playa se deduce que se sufrió una interrupción en la etapa II de propagación de la grieta. Se puede afirmar que el motivo por el cual se originó este tipo de fractura fue debido a bajos ciclos con cargas altas, al haberlo utilizado en fresadora, el cortador tuvo que haber tocado la superficie a trabajar con una velocidad muy alta provocando que se generará la fractura, esto a consecuencia de un error humano. Por lo que se atribuye a la aplicación de una carga repentina ya que las propiedades metalúrgicas como dureza y análisis químico cumplen con la norma ASTM para un cortador HSS tipo T4.

Limitaciones

Para poder realizar las pruebas correspondientes a la muestra es necesario contar con el equipo adecuado para poder llevarlas a cabo, y en este caso dentro de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California no se contaba con el equipo para desarrollar los procedimientos establecidos, por lo que se tuvo que acudir a Centro de Nanotecnología y Nanociencia (CNYN) de la UNAM ubicado en el municipio de Ensenada, Baja California. Otra de las limitaciones que se presentaron es que para poder realizar un análisis químico

más profundo que pudiera indicarnos con mayor precisión el contenido de la muestra, no se tenía preparada la muestra de manera más efectiva.

Recomendaciones

Para los interesados en realizar cualquier tipo de examen a un material se recomienda preparar de manera muy metodológica la superficie antes de realizar algún análisis, de esta manera se garantiza el obtener resultados precisos.

Agradecimientos

Se agradece a Dr. Israel Gradilla Martínez del departamento de Nanoestructuras por brindarnos el servicio de microscopía electrónica de barrido (SEM) con detector para hacer análisis químico por medio de Dispersión de Energía (EDS) en Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNYN), y un agradecimiento especial a nuestro asesor Dr. Benjamín González Vizcarra que nos estuvo guiando y apoyando durante el proceso de elaboración de este artículo. Se agradece al CA de "Optimización de sistemas mecánicos" con apoyo de los proyectos, Dr. Benjamín González Vizcarra, M en C Ana Maria Castañeda, Dr Alberto Delgado Hernández, M.C. José Navarro Torres y M en E.M. en E. Miguel Ángel Ávila Puc.

Referencias

ASTM, Standard Guide for Quantitative Analysis by Energy-Dispersive Spectroscopy, www.astm.org, 2019. <https://www.astm.org/e1508-12ar19.html> (accessed Mar. 31, 2023).

ASTM, Standard Specification for Tool Steel High Speed. 2010.

ASTM, Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials. 2003

Callister, W. D. (2020). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Volumen I. Reverte.

Dennies, D. P., American society for metals international. Handbook committee. \$40th, Miller, B. A., Shipley, R. J., ASM. International Handbook committee, Parrington, R. J., & ASM International. (2021b). ASM HANDBOOK; Vol 11 Failure Analysis and Prevention (Vol. 11). Asm International.

Dennies, D. P., American society for metals international. Handbook committee. \$40th, Miller, B. A., Shipley, R. J., ASM. International Handbook committee, Parrington, R. J., & ASM International. (2021b). ASM HANDBOOK; Fractography (Vol. 12). Asm International

Reardon, A. C. (2011). Metallurgy for the Non-metallurgist. ASM International.

Adsorción de Lactosuero Usando Columnas Empacadas con Diferentes Adsorbentes

Belli Alonso Arturo¹, Cuesta Díaz Rene²,
Rosales Quintero Arnulfo³, Vázquez Hernández Oswaldo de Jesús⁴

Resumen—El lactosuero o suero de leche es un residuo de la producción de productos lácteos, tiene una alta carga orgánica y tiene un pH ácido. En este trabajo presentamos los resultados de la adsorción de este lactosuero usando diversos adsorbentes en columnas empacadas con zeolita o carbón activado. Se utilizaron diferentes configuraciones por ejemplo: usando los adsorbentes solos a diferentes alturas, combinaciones en etapas y dos pasos por diferentes columnas, en este último caso en particular fue el que dio mayor rendimiento de adsorción, con un porcentajes de 50.25% de reducción en la demanda química de oxígeno (DQO), 84.41% en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) con una densidad (ρ) 1.0112 g/cm³, viscosidad dinámica (μ) 0.99 mPa*s y un pH de 8.5.

Palabras clave—Lactosuero, adsorción, carbón activado, zeolita.

Introducción

La leche es uno de los alimentos básicos de la humanidad. Los subproductos que genera esta industria se conocen como lácteos e incluyen una amplia gama que van desde los productos fermentados, como el yogur y el queso, hasta los no fermentados: mantequilla, helados, entre muchos otros. Dentro de estos procesos durante la elaboración de los quesos se genera un residuo denominado suero de leche o lactosuero, este suero es altamente contaminante por las cantidades generadas y por el pH, que es muy ácido 4.5 – 5.0. La composición del suero de leche incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) con una DQO entre 2000 – 4000 mg/L y una DBO₅ entre 2000 – 3000 mg/L.

En el estado de Chiapas existe una prospera industria quesera, sin embargo, muchas empresas una vez producido el queso, el residuo, es decir, el suero de leche o lactosuero lo usan en la industria porcina como alimento, o bien, lo tiran directamente al drenaje y dada su acidez puede traer diversos problemas ambientales. Hernández-Herrera (2005) uso un reactor UASB para remover la carga orgánica de un lactosuero proveniente de una planta del Valle de Tulancingo, Hidalgo removiendo un 85.65% de DQO. Quispe-Aroquipa (2018) usaron la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural para la floculación de lactosuero, removiendo un 39.59% de DQO y un 55.9% de solidos totales. Los tratamientos con adsorbentes son una alternativa para el tratamiento de aguas residuales y en este caso para el tratamiento de lactosuero.

Los procesos de adsorción son fenómenos que suceden en la superficie de un adsorbente y es de particular importancia la superficie específica, ya que entre mayor sea el área mayor será la capacidad de adsorción, pero además es importante la afinidad del adsorbente con el adsorbato, debido a las estructuras moleculares o polaridad de los compuestos presentes. Pocos estudios existe sobre la aplicación del proceso de adsorción para el tratamiento de residuos de la industria láctea. Por lo que el objetivo de este trabajo es estudiar la remoción de la carga orgánica del lactosuero con columnas empacadas y diferentes adsorbentes como son el carbón activado y zeolita.

Descripción del Método

Determinaciones al suero de leche

El suero de leche residual se obtuvo de una fábrica para la producción de queso del municipio de Ocozacoautla de Espinosa, Chiapas. Se recolectaron dos garrafas de 20 litros y se trasladaron al Laboratorio 7 del polo tecnológico del ITTG y se mantuvieron en refrigeración hasta su uso.

Para la determinación de la carga orgánica (DQO y DBO₅). DQO se realizó por el método 8000 Hach, digestión por 2 horas en el equipo y lectura al espectrofotómetro a 620 nm, se comparará con su respectiva curva de calibración

¹ **Arturo Belli-Alonso** es egresado de la licenciatura en Ingeniería Química del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.

² **Rene Cuesta-Díaz** es Profesor del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.

³ **Arnulfo Rosales-Quintero** es Profesor Investigador del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez, arquinte@tuxtla.tecnm.mx

⁴ **Oswaldo de Jesús Vázquez-Hernández** es egresado de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.

estándar (NMX-AA-030/1-SCFI-2012). DBO₅ con el método 8043 Hach y el BODTrak™ II respirométrico, el resultado se comparará con su respectiva curva de calibración estándar (NMX-AA-028-SCFI-2001). Para el pH y conductividad eléctrica se utilizará el equipo PCE-PHD1. Mientras que para la densidad y la viscosidad dinámica con el equipo Anton Par Stabinger Viscometer SVM 3000.

Adsorbentes

Se utilizó carbón activado vegetal malla 12x30 de la marca Watts y zeolita mineral malla 8x16 con porosidad de 35% marca Purikor.

Columnas

Se utilizaron columnas de vidrio de longitud 40 cm y diámetro 5 cm Se empacaron las columnas con diferentes cantidades y alturas de adsorbentes como se muestra en el Cuadro 1.

Adsorbente	Altura (cm)	Masa (gr)
Carbón activado	30	109.720
Carbón activado	20	74.090
Zeolita	30	123.310
Zeolita	20	81.260

Cuadro 1. Adsorbentes utilizados.

Así mismo, para estudiar el efecto de la distribución de los adsorbentes se empacaron las columnas en etapas con diferentes cantidades y alturas de adsorbentes como se muestra en el Cuadro 2. Las letras CA y Z se refieren al carbón activado y la zeolita respectivamente y en el Cuadro 2 se refiere al orden, es decir, primero el lactosuero se pasa por una cama de carbón activado y luego zeolita (CA-Z), en el segundo caso es al revés del primero, en el tercer caso se alternaron las etapas y en el último se mezclaron ambos adsorbentes en cantidades proporcionales (50% CA y 50% Z).

Columna	Adsorbentes	Altura (cm)	Masa (gr)
CA-Z	Carbón activado	10	24.87
	Zeolita	10	46.48
Z-CA	Zeolita	10	47.28
	Carbón activado	10	25.51
Z-CA-Z-CA	Zeolita	5	20.39
	Carbón activado	5	14.3
	Zeolita	5	23.71
	Carbón activado	5	12.51
Mezcla	Zeolita- Carbón activado	20	87

Cuadro 2. Combinaciones de adsorbentes utilizados.

Resultados.

Caracterización del suero de leche.

La muestra obtenida del suero de leche de la planta de quesos de Ocozocuatla y se evaluó por diferentes pruebas para la determinación de sus parámetros (Cuadro 3). En base a los resultados de Arango-Bedoya y Sanches-Sousa (2009) y Teniza (2008), donde señalan que el lactosuero normalmente tiene una carga orgánica alta debido a diversas sustancias orgánicas disueltas y el pH se debe a la presencia de ácido láctico, proteínas y algunos minerales como el fósforo. El color es característico del suero de leche, la densidad y viscosidad son mayores a las del agua dada la presencia de diversos sólidos disueltos.

Parámetro	Resultado
Color	Amarillento y turbio
DQO (mg/L)	59,573.0
DBO ₅ (mg/L)	35,000.0
pH	4.3
ρ (g/cm ³)	1.029
μ (mPa·s)	1.230

Cuadro 3. Caracterización del lactosuero.

Columnas empacadas con un solo tipo de adsorbente.

Para los tratamientos del lactosuero en columnas con solo adsorbente en el caso del carbón activado el aumentar la altura no mejora la disminución de la carga orgánica ni cambio en el pH. Mientras que en la zeolita alturas de 20 cm se obtiene una mayor remoción de carga orgánica (Cuadro 4).

Parámetro	CA (20cm)	CA (30cm)	Zeolita (20cm)	Zeolita (30cm)
V ₀ (mL)	100	100	100	100
V _R (mL)	67	45	76	50
t (s)	600	1800	900	1800
DQO (mg/L)	39,307	54,904	55,907	57,907
DBO ₅ (mg/L)	29,856	34,525	25,450	34,956
pH	4.9	4.5	4.9	4.9
ρ (g/cm ³)	1.031	1.031	1.031	1.031
μ (mPa·s)	1.2	1.2	1.2	1.2

Cuadro 4. Resultados del uso de un solo adsorbente en la columna.

Columnas empacadas con combinaciones de adsorbentes.

Con objeto de mejorar la remoción de contaminantes se busco variar la cantidad y distribución de los adsorbentes (Figura 1). En el Cuadro 5 se encuentran los resultados donde se observa que el orden de los adsorbentes si aumenta la remoción de carga orgánica en comparación con el uso de un solo adsorbente. Como se puede observar en el caso de poner varias etapas de adsorbentes y mezclar los adsorbentes es cuando se obtiene una mayor remoción de carga orgánica.

Parámetro	CA-Z	Z-CA	Z-CA-Z-CA	Mezcla
V ₀ (mL)	150	150	150	150
V _R (mL)	101	105	100	87
t (s)	2400	3000	3600	2400
DQO (mg/L)	47,840	43,907	41,640	36,173
DBO ₅ (mg/L)	21,564	19,564	16,640	15,840
pH	4.9	4.3	4.4	4.9
ρ (g/cm ³)	1.0129	1.0173	1.0142	1.0112
μ (mPa·s)	1.0109	1.0444	1.0256	0.99639

Cuadro 5. Resultados del uso de combinaciones y mezcla de adsorbentes.

Dos pasos por columna

Con objeto de reducir la carga orgánica se decidió hacer dos pasos de adsorción, es decir, el volumen inicial de suero de leche fue pasado a adsorción en la columna y el volumen recuperado se volvió a hacer pasar por la columna (Cuadro 6). Con esta metodología se logra una mayor adsorción que en los tratamientos previos, sin embargo, hay una pérdida con respecto al volumen inicial del 67.5% a considerar en escalamientos a mayores volúmenes.

En el primer paso del lactosuero en la columna empacada con la mezcla de adsorbentes en una altura de 20 cm, se alcanza a remover el 39.84% DQO y un 50.2%. Los resultados obtenidos evidencian la eficiencia del carbón activado con relación a la DQO que tuvo una eficiencia del 94,55% es decir el filtro tiene una gran capacidad de remoción de materia orgánica respecto con aceites y grasas también hubo una alta eficiencia del 72,02% lo que quiere decir que éste filtro tiene una gran capacidad para remoción de las mismas; por otro lado en la DBO₅ el nivel de eficiencia fue de 10,66%, lo que quiere decir que existieron valores superiores de contaminación con relación al de agua cruda.

Parámetro	Primer paso	Segundo paso
V_0 (mL)	200	105
V_R (mL)	105	65
t (s)	2400	900
DQO (mg/L)	35,840	29,640
DBO ₅ (mg/L)	15,620	5,456
pH	4.5	8.5
ρ (g/cm ³)	1.0112	1.0112
μ (mPa·s)	0.99639	0.99639

Cuadro 6. Resultados de usar dos pasos en la columna de adsorción.

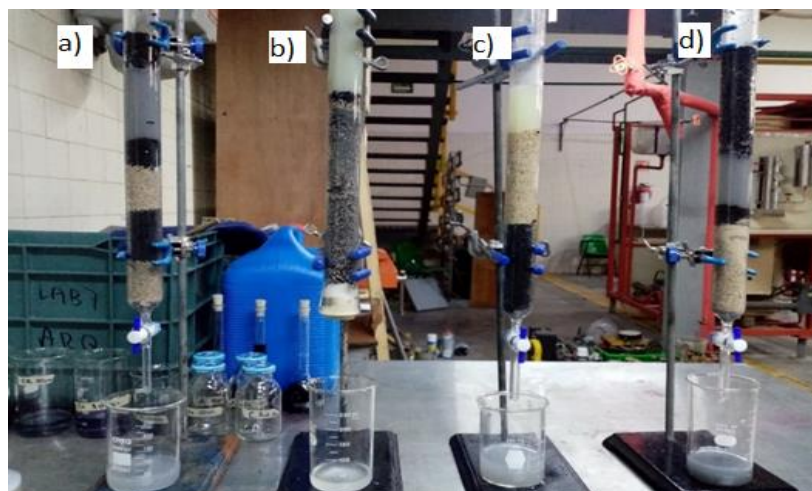


Figura 1. Columnas con combinaciones de adsorbentes a) Z-CA-Z-CA, b) Mezcla, c) Z-CA d) CA-Z.

Conclusiones

Los resultados demuestran que es posible reducir la carga orgánica del lactosuero en un solo paso con un solo adsorbente, en etapas con dos adsorbentes y usando dos pasos del lactosuero, sin embargo, en todos los casos existe una pérdida relativa en relación al volumen inicial, esto se debe principalmente a la adsorción de agua en los poros de los adsorbentes. Por otro lado, es posible clarificar bastante de acuerdo a los resultados experimentales del presente estudio.

Cabe señalar que se utilizó el lactosuero sin ningún tratamiento previo, sin embargo, usando otros tratamientos previos como coagulación o biodigestión y como siguiente paso la adsorción los resultados de este trabajo indican que será posible bajar el pH y clarificar adecuadamente el agua residual. Con el presente trabajo se promueve la implementación de soluciones de bajo costo y accesibilidad tecnológica para las industrias lácteas.

Referencias

- Arango Bedoya, O. y Sanches-Sousa L.S. "Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistema anaerobios tipo UASB". *Rev.Bio.Agro.*, Vol.7, No.2, 2009
- Hernandez-Herrera, H. "Tratamiento de lactosuero hidrolizado por medio de un reactor UASB". Noviembre 2005, Tesis UAEH. Dirección en internet: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/123>.
- Teniza G. O., "Estudio del suero de queso de leche de vaca y propuesta el reuso del mismo". Tesis Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. 2008. Dirección en internet: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/3514>.
- Quispe-Aroquipa.V.M." Evaluación de la capacidad coagulante de la Moringa oleífera en la reducción de demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en lactosuero de la planta quesera Lacsur de la comunidad campesina de Posoconi, Región Puno", Tesis Universidad Peruana Unión, 2018

Tarjetas de Presentación con Realidad Aumentada

M. E. Erika Bonfil Barragán¹, Dr. Pedro Bello López²,
Dra. Meliza Contreras González³, Dr. José Andrés Vázquez Flores⁴, Jesús Gonzalo Levien Ruiz⁵

Resumen—Se genero una aplicación que a través del celular o de una cuenta de Instagram permite visualizar información adicional de la que está visible en una tarjeta de presentación, para lograr esto se muestra la metodología que permite integrar la tecnología de realidad aumentada a dispositivos móviles para cualquier tipo de documento físico mejorando la experiencia del usuario. Este trabajo permite mostrar la metodología para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada que puede emplearse en cualquier disciplina a partir de un documento físico (tarjeta de presentación) donde se requiera agregar información extra para mejorar la experiencia del usuario desde su celular. De igual forma se muestran las ventajas de difundir el uso de la tecnología informática (Meta Spark) que facilita generar aplicaciones de realidad aumentada en tiempo real.

Palabras clave— Realidad Aumentada, experiencia del usuario, tecnología, aplicación móvil.

Introducción

En una realidad en la que la tecnología evoluciona rápidamente y en la que los usuarios van a requerir aplicaciones únicamente funcionales y aplicaciones que les genere una sensación más inmersiva, la realidad aumentada (RA) llega como una tecnología capaz de cubrir esta necesidad y mejorar la experiencia del usuario.

La Realidad Aumentada (RA) es una novedosa tecnología que integra la información digital con el entorno del usuario en tiempo real como lo expresan Sannasi y Harikumar (2022), los usuarios de RA experimentan un entorno del mundo real con información de percepción generada superpuesta. La RA ha ganado una gran importancia en diversas áreas y sectores según González Morcillo et al. 2013, debido a que mejora la experiencia del usuario. Algunas de las aplicaciones tienen que ver con la visualización de modelos 3D, aplicaciones en el ámbito educativo (Prendes Espinosa, 2015), en la manufactura, en el comercio y el marketing (Pastor, 2019), experiencias de juego más inmersivas (Marín Díaz et al, 2020), en la formación médica, la rehabilitación y la terapia.

En el campo de la fisioterapia, por ejemplo, podemos mencionar que se han diseñado sistemas como el KineActiv (<https://www.kineactiv.com/>), el cual es un sistema que permite la rehabilitación miembros superiores e inferiores de manera autónoma y no supervisada por un fisioterapeuta; para lo cual, se desarrolló un entorno de realidad aumentada y se incluyeron actividades bajo un enfoque de gamificación, que guían, supervisan y evalúan los movimientos de los pacientes. Cote Amaya

En la educación, la RA se ha usado para mejorar la calidad de la educación, motivar a los estudiantes y lograr, en ellos, un aprendizaje más significativo. En el artículo de Cote Amaya et al. 2017, se muestra cómo existe una mejora significativa en el aprendizaje de los estudiantes de música al utilizar durante su proceso de enseñanza – aprendizaje, material didáctico enriquecido con realidad aumentada, en contraste con material didáctico tradicional. En la educación especial, la realidad aumentada se ha utilizado para compensar las dificultades que presentan los niños en su proceso de enseñanza-aprendizaje; un claro ejemplo es la implementación de una aplicación móvil llamada TEAprende (<https://www.instagram.com/learningcentrodeterapias/>),

A partir de la pandemia provocada por el Covid-19, el comercio electrónico se intensificó, provocando que muchas marcas enriquecieran sus plataformas de venta con tecnologías como la realidad aumentada con el propósito de ofrecer a sus consumidores, una experiencia de compra mucho más satisfactoria. De acuerdo con Anubhav Singh et al. 2022, se parte de la teoría estímulo – respuesta para sugerir que la RA es una herramienta tecnológica que podría ser usada, como un estímulo, para inducir un comportamiento deseado en el consumidor con relación a una marca.

Actualmente la tecnología desarrollada para la realidad aumentada hace posible que esté al alcance de las mayorías, en este trabajo proponemos un método que permite generar información adicional en tarjetas de

¹ M.E. Erika Bonfil Barragán es Profesora de Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Puebla, México. erika.bonfil@gmail.com (autor corresponsal)

² Dr. Pedro Bello López es Profesor de Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Puebla, México. pb5pbello@gmail.com

³ Dra. Meliza Contreras González es Profesora de Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Puebla, México. yikax68@gmail.com

⁴ Dr. José Andrés Vázquez Flores es Profesor de Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Puebla, México. andrexsol@gmail.com

⁵ Jesús Gonzalo Levien Ruiz es alumno de la Ingeniería en Ciencias de la Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, Puebla, México. leviensystems@gmail.com

presentación a partir de los mecanismos de realidad aumentada con el fin de que una persona que normalmente usa tarjetas de presentación física pueda dar una mejor experiencia al usuario final con motivo de mercadotecnia.

Metodología

Para el presente trabajo se investigaron las tecnologías que permiten realizar realidad aumentada, se seleccionó Meta Spark (<https://sparkar.facebook.com/ar-studio/learn/downloads/>) como tecnología de desarrollo y se configuró el entorno de realidad aumentada para generar una aplicación y se realizaron las pruebas con tarjetas de presentación físicas. La metodología a continuación descrita permite generar una aplicación móvil (Laurens Arredondo, 2020) para escanear la tarjeta física y nos muestre datos relevantes del propietario de esta, como podrían ser datos de contacto, foto, página web o email o en su caso las que el usuario determine. Los pasos seguidos son:

- Configurar el entorno de realidad aumentada: se debe crear el entorno de realidad aumentada para la aplicación. Esto podría incluir la creación de un espacio en 3D que simula una oficina o un lugar de reunión.
- Crear una tarjeta de presentación en 3D: se debe crear un modelo 3D de la tarjeta de presentación para que se pueda mostrar en la realidad virtual.
- Programar el reconocimiento de la tarjeta: se debe programar la aplicación para que reconozca la tarjeta de presentación utilizando tecnología de reconocimiento de imágenes. La tarjeta de presentación podría tener un patrón o imagen específicos que se pueden detectar utilizando la cámara del dispositivo móvil.
- Mostrar la información de la tarjeta: una vez que la tarjeta de presentación es reconocida, la aplicación debe mostrar la información de la tarjeta en la pantalla del dispositivo. Esto podría incluir el nombre de la persona, su puesto y su información de contacto.
- Agregar interactividad: se puede agregar interactividad a la aplicación para que los usuarios puedan interactuar con la tarjeta de presentación. Por ejemplo, se podría permitir a los usuarios hacer clic en la información de contacto para llamar o enviar un correo electrónico directamente desde la aplicación.

Modelo

- Escaneo de la tarjeta: la aplicación puede escanear la tarjeta de presentación para detectarla y rastrearla.
- Identificación de la imagen: una vez que se ha escaneado la tarjeta, la aplicación identifica la imagen de la tarjeta como un marcador para colocar la información adicional en la pantalla.
- Presentación de la información: la aplicación presenta la información adicional de la tarjeta de presentación en la pantalla del dispositivo móvil en forma de imagen y texto, que puede ser una descripción de la empresa, enlaces a sitios web, información de contacto, etc.
- Personalización de la aplicación: la aplicación puede permitir la personalización de la información y el diseño de la tarjeta de presentación, de manera que los usuarios puedan agregar su información personal y utilizarla como su propia tarjeta de presentación.
- Actualización de la información: la aplicación permite la actualización de la información de la tarjeta de presentación en tiempo real, para que los usuarios siempre tengan la información más actualizada.

Resultados

Se muestra los resultados de la aplicación de la metodología seguida en la creación de una aplicación móvil (Luján Castillo y José Dimas, 2016) que permite mostrar la realidad aumentada de una tarjeta de presentación. En la Figura 1 se muestra una tarjeta de presentación física que utilizaremos para mostrar la aplicación móvil generada.



Figura 1. Tarjeta física de presentación que se escanea con el celular y generar la realidad aumentada

Se crea el modelo 3D donde se ubicará la tarjeta de presentación en la realidad aumentada, en este ejemplo se toma como referencia la tarjeta de presentación utilizada por una empresa. En la Figura 2 podemos observar el

modelo en 3D donde se colocan cada uno de los componentes a mostrar, así como la posición que tomarán en el plano visualizado por el dispositivo.



Figura 2. Modelo 3D que muestra los componentes a utilizar en este proyecto

Ahora se utiliza la herramienta para generar app móvil y poder realizar el efecto de realidad aumentada con Spark AR meta (<https://sparkar.facebook.com/ar-studio/download/>) sistema que puede ser descargado tanto en sistema operativo MAC como en Windows. Para utilizar la aplicación móvil es necesario descargar desde su play store en el celular Meta Spark Player.

La Figura 3 muestra la realidad aumentada al abrir la aplicación móvil y escanear la tarjeta de presentación. En este ejemplo podemos observar que los valores a mostrar son: fotografía del empleado, teléfono de contacto y la página web de la empresa. Estos valores se muestran con una animación y con una interacción de un click sobre la imagen.



Figura 3. Tarjeta de presentación física con realidad aumentada (video de referencia disponible en Video referencia: https://drive.google.com/file/d/19Cr7aTTKP4i6W0Vj-QiXDJQ5_ON_THx3/view)

La aplicación móvil se puede instalar directamente en el celular como se muestra en la Figura 4, en la Figura 4.a al ejecutar Meta Spark Player aparece la aplicación diseno3D que debemos elegir para visualizar la realidad aumentada, al dar clic inicia el escaneo (Figura 4.b) buscando en este caso la tarjeta de presentación del Dr. José Andrés, en la Figura 4.c ya fue localizada la tarjeta de presentación y en tiempo real aparecerá la realidad aumentada como se muestra en la Figura 4.c.

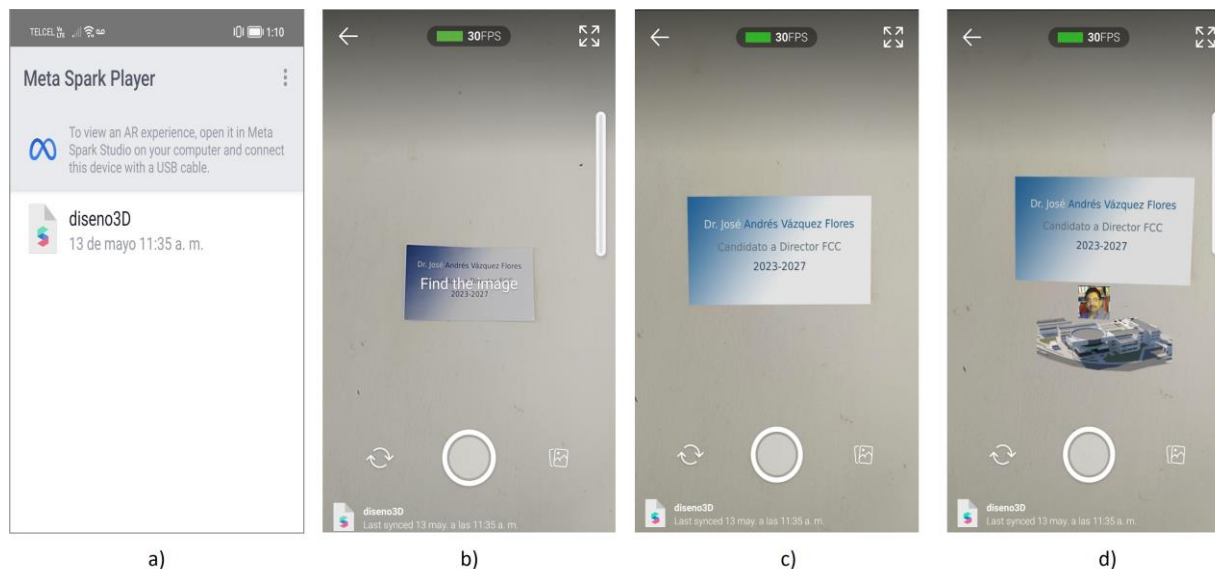


Figura 4. Ejemplo de la aplicación desde el celular

Conclusiones

Se generó una metodología que permite integrar la tecnología de realidad aumentada a dispositivos móviles para cualquier tipo de documento físico mejorando la experiencia del usuario en tiempo real y que puede ser aplicada en cualquier contexto de la ciencia, la educación y en general a cualquier sector de la sociedad.

La aplicación generada funciona a través del celular o de una cuenta de Instagram y permite visualizar información adicional de la que está presente en la tarjeta impresa que fue configurada con realidad aumentada.

Es trabajo también permite mostrar que la metodología para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada puede emplearse en cualquier disciplina a partir de un documento físico (tarjeta de presentación) donde se requiera agregar información extra para mejorar la experiencia del usuario desde su celular. De igual forma se muestran las ventajas de difundir el uso de la tecnología informática (Meta Spark) que facilita generar aplicaciones móviles con realidad aumentada.

Mejoras

Interacción con la información: los usuarios deben poder interactuar con la información presentada en la pantalla del dispositivo móvil, por ejemplo, hacer clic en enlaces a sitios web, hacer una llamada telefónica, enviar un correo electrónico, etc.

Análisis de la interacción: la aplicación debe ser capaz de analizar la interacción de los usuarios con la información presentada en la pantalla del dispositivo móvil, para que los dueños de la tarjeta de presentación puedan recopilar información sobre la efectividad de la aplicación.

Referencias

Anubhav Singh T, Tanmoy De, Kdv Prasad, Hariprasad Soni. "A Conceptual Model for Building the Relationship Between Augmented Reality, Experiential Marketing & Brand Equity", *International Journal of professional business review*, 7, 1-22, 2022.

Cote Amaya, Patricia Liliiana, Santoyo Díaz, Santiago Julian. Evaluación del uso de la realidad aumentada en la educación musical. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 12(1). 2017.

González Morcillo, C., Vallejo Fernández, D., Albusac Jiménez, J. A., Castro Sánchez, J. J. "Realidad Aumentada. Un enfoque práctico con ARTollKit y Blender". *IDENTIC consorcio*, 2013.

Laurens Arredondo Luis A. "Realidad Aumentada Móvil: Una estrategia pedagógica en el ámbito universitario". *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería*, Universidad del Zulia. 43(3):142-149. 2020,

Luján Castillo y José Dimas. Android – “Aprende Desde Cero A Crear Aplicaciones”, *Alfaomega*, 2016.

Marín Díaz, Verónica., Morales Díaz, Marina., Reche Urbano, Eloísa. “Aprendizaje con videojuegos con realidad aumentada en educación primaria *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, vol. 26, Universidad del Zulia, Venezuela, 2020,

Meta Spark Studio. “Our creative compositing tool for building AR experiences”, <https://sparkar.facebook.com/ar-studio/learn/downloads/>

Pastor, R. “Aumenta tu empresa con la realidad aumentada y la realidad virtual”, *Alfaomega*, 2019.

Prendes Espinosa C. “Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas”. Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación*. (46):187-203, 2015.

Sannasi Chakravarthy R., Harikumar Rajaguru, “Realidad aumentada con UNITY”, *Ediciones Nuestro Conocimiento*, 2022.

Spark AR Meta. “Herramientas para generar app móvil y poder realizar el efecto de realidad aumentada”, disponible en: <https://sparkar.facebook.com/ar-studio/download/>

Recuperación de Calor Residual de la Quema de Carbón, para Generar Potencia Termoeléctrica

Ing. Miguel Angel Botis Bautista¹, M. en I Andrés Alfonso Andrade Vallejo² y Dr. Miguel Angel Olivares Robles³

Resumen—En este trabajo se realiza una caracterización experimental de un banco de pruebas diseñado para recuperar calor residual de la combustión de carbón para generar potencia termoeléctrica por medio de un módulo termoeléctrico (TEG) modelo SP1848-27145-SA, marca VGEBY. El sistema de recuperación y almacenamiento de la disipación de calor se basa en el efecto de termosifón. La diferencia de temperatura en el TEG se logra con un disipador de calor de superficie extendida por convección natural, sumergido en agua. Se generan 3 volts, con una corriente de 9 mA; lo que representa una potencia máxima de 0.027 Watts. La diferencia máxima de temperaturas en el TEG fue de 95°C con una temperatura en la superficie caliente del TEG de 131°C. El lado frío del TEG presenta una diferencia de temperatura máxima de 15 °C, con respecto a la del ambiente.

Palabras clave— Módulo termoeléctrico. Generación de potencia. Cosecha de energía. Calor residual.

Introducción

Existen trabajos desarrollados por parte de la comunidad científica para el perfeccionamiento en el aprovechamiento de los recursos con los que se cuentan alrededor del mundo, entre ellos está la búsqueda de fuentes de energía limpias o renovables tales como los sistemas de concentrador cilindro parabólico (Ahmed Bilal, Zubair, Praveen, & Abdul Rauf, 2019) o celdas fotovoltaicas (J., A., J., & M.A., 2013). Esto con el objetivo de una reducción de gases de efecto invernadero y dependencias de fuentes de energía no renovables. Así también, trabajos enfocados en tener el máximo aprovechamiento en los procesos de transformación de energía (Ezzitouni, Fernández-Yáñez, Sánchez, & Armas, 2020) (Payri, Olmeda, Martín, & Carreño, 2015); para maximizar la eficiencia, reduciendo los insumos energéticos. En un sistema que realiza una transformación de energía, se genera calor que se disipa al ambiente; este se le conoce como calor residual. Rowe (D.M., 1999) menciona que se puede aprovechar el calor residual antes de que sea disipado a un sumidero de calor, elevando la eficiencia de la máquina térmica. Uno de los métodos es la aplicación de dispositivos como los módulos termoeléctricos generadores (TEG); estos operan con un diferencial de temperaturas es decir emplean el calor residual como fuente de energía y una disipación constante para producir electricidad útil (Liu, Zhang, & Gong, 2014). Y es aquí donde está el principal reto de los TEGs; que es mantener un diferencial de temperatura.

Un ejemplo del uso de TEGs utilizando el calor residual se encuentra en la optimización del rendimiento del generador termoeléctrico de placa común en sistemas de generación de energía de escape de vehículos, realizado en la universidad de Tianjin China (Wei, Rui, Hiroki, Yukitaka, & Shixue, 2019). Así también, el desarrollo de sistemas híbridos termoeléctricos - fotovoltaicos (Bruno et al. 2021); donde se muestra la gran flexibilidad de investigación y experimentación implementando módulos termoeléctricos generadores. Así también, resaltan la importancia de la disipación de calor en el lado frío del TEG; el método más común es el de enfriamiento por flujo forzado.

Investigadores como Champier, (Champier et al. 2011), muestran un estudio en el que incorporan módulos termoeléctricos con contacto directo a los gases producto de la combustión en una estufa de carbón. Los TEGs se colocan en contacto con un depósito de agua; el cual realiza la función de enfriador del TEG. El depósito eleva la temperatura conforme transcurre el tiempo al absorber el calor residual para su uso en el hogar. Con este sistema se obtiene una diferencia de temperatura en los TEGs y se genera 9.5 W de potencia eléctrica; sin la aplicación de una disipación forzada.

En este trabajo se propone un dispositivo que genere una potencia eléctrica con TEGs, al aprovechar el calor residual producto de la quema de carbón. Este consta de un sistema de recuperación y almacenamiento de calor, por medio de aceite; así como, un sistema de disipación de calor para el TEG por convección natural; que consta de una placa aletada sumergida en agua. El TEG se coloca en las superficies que están en contacto con el aceite y la placa

¹ Ing. Miguel Angel Botis Bautista Estudiante de la Sección de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán del Instituto Politécnico Nación en la Ciudad de México, México. mboisb1200@alumno.ipn.mx

² M. en I Andrés Alfonso Andrade Vallejo Profesor Investigador de la Sección de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán del Instituto Politécnico Nación en la Ciudad de México, México. ing.andres.andrade@gmial.com

³ Dr. Miguel Angel Olivares Robles Profesor Investigador de la Sección de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán del Instituto Politécnico Nación en la Ciudad de México, México. olivares@ipn.mx; molivares67@gmail.com

aletada. Con lo que se obtiene una diferencia de temperatura en las superficies del TEG, generando una potencia eléctrica.

Descripción del Método

Modelo experimental

En la presente investigación se evalúa de forma experimental la generación de potencia eléctrica producida por medio de un TEG modelo SP1848-27145-SA, de la marca VGEBY; al recuperar calor residual a partir de la combustión de carbón. El TEG es sometido a un banco de experimentación que consiste en dos partes, que se muestra en la Figura 1. La primera encargada de recuperar y almacenar el calor; obteniendo así, una fuente de calor para el TEG. La segunda responsable de la disipación de calor del TEG; funcionando como un sumidero térmico.

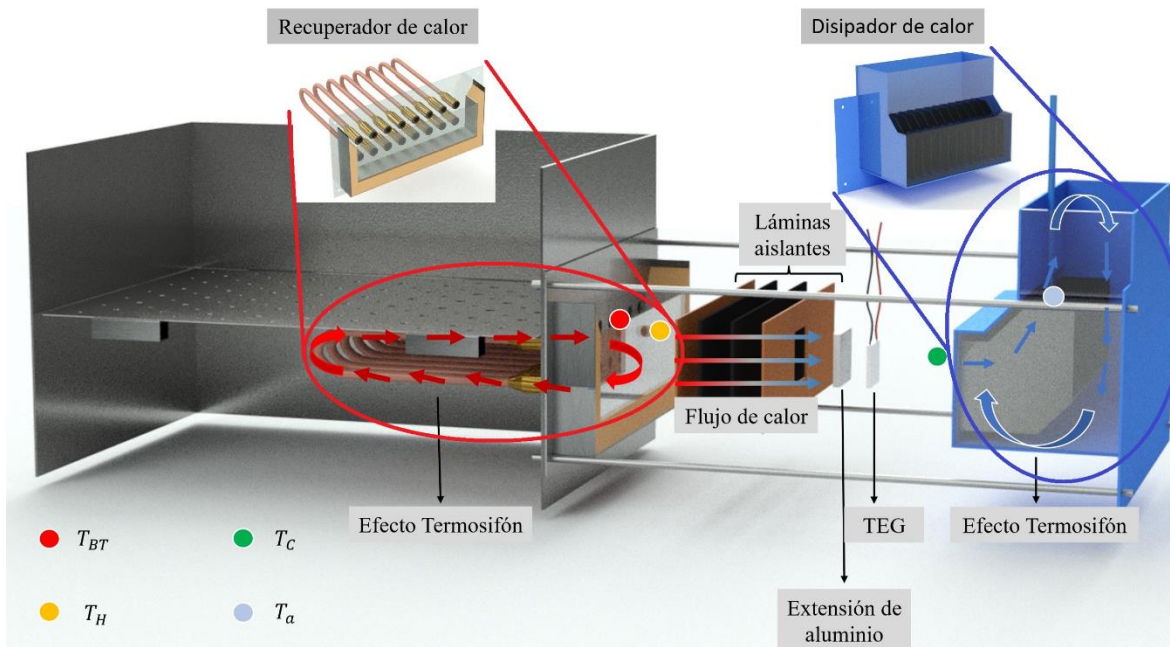


Figura 1. Desglose estructural del banco de experimentación. Se muestra diagrama de los flujos del efecto termosifón, flujo de calor y ubicación de las temperaturas registradas.

El banco de pruebas se muestra en la Figura 2 y se constituye de los siguientes elementos.

- 1) Base construida con lamina de acero al carbón AISI 1018 DE 3/32 in.
- 2) Posa carbón, lámina galvanizada de 1/16 in.
- 3) Carbón vegetal obtenido del proceso de pirolisis.
- 4) Tubos de cobre de 3/8 in. Colectores de calor.
- 5) Deposito con capacidad de 1.2 Lts de aceite vegetal marca Gran Tradición. Construido con lamina de acero al carbón AISI 1018 DE 3/32 in (Batería térmica)
- 6) Sección laminas aislantes: Corcho y etilvinilacetato.
- 7) Extensión de aluminio de grosor 1/4 in para el TEG.
- 8) TEG modelo SP1848-27145-SA de la marca VGEBY.
- 9) Depósito de agua con capacidad de 5 Lts, construido con lamina de acero al carbón AISI 1018 de 3/32 in . Con una superficie interna aletada.
- 10) Multímetro digital Master MAS830, De rango variable 0-200mV, 2V, 20V precisión de ($\pm 0.5\%$ a la lectura ± 2 digitos).
- 11) Termómetro digital para 4 sensores tipo K, Rango de temperatura -50 hasta 1350°C; Precisión de $\pm (0.015\%rdg+1^\circ C)$.
- 12) Arduino uno.



Figura 2. Banco real.

El calor residual generado por la combustión del carbón es recuperado a través de los tubos en forma de U; por medio del efecto de termosifón. Incrementando con el tiempo la temperatura del aceite vegetal; el calor es almacenado en la batería térmica. El TEG es colocado entre los depósitos de la batería térmica y el disipador; se instala aislamiento térmico en la superficie lateral del TEG. El calor es disipado de la superficie de aletas que está sumergida en agua, hacia el ambiente; por medio del efecto de termosifón.

Procedimiento experimental

Se realizan tres corridas experimentales con el banco de pruebas. En cada una se quema 1.5 kg de carbón; con lo que se obtiene el calor residual. Con la recuperación de este, se presentan cambios en la temperatura del aceite (T_{BT}), a la salida del tubo en la batería térmica; de la superficie caliente (T_h) y fría (T_c) del TEG; la temperatura del agua (T_a) y del ambiente (T_{amb}). Estas se registran cada dos minutos.

Con la (T_h) y (T_c), se obtiene la diferencia de temperatura del TEG (ΔT_{TEG})

$$\Delta T_{TEG} = T_h - T_c \quad (^\circ\text{C})$$

La diferencia de potencial generada (ΔV_{TEG}), está determinada por la siguiente relación

$$\Delta V_{TEG} = \alpha \Delta T_{TEG} \quad (\text{Volt})$$

La ΔV_{TEG} se registra de manera experimental mediante un multímetro.

La potencia generada (P) se determina de la siguiente manera

$$P = \Delta V * I \quad (\text{Watts})$$

La medición de corriente se realizó por medio de un arreglo de dos resistencias en serie, con valores de 10 y 100 Ohms; los datos se registran por medio de un dispositivo Arduino UNO.

En la figura 3, se muestra el esquema de desarrollo experimental.

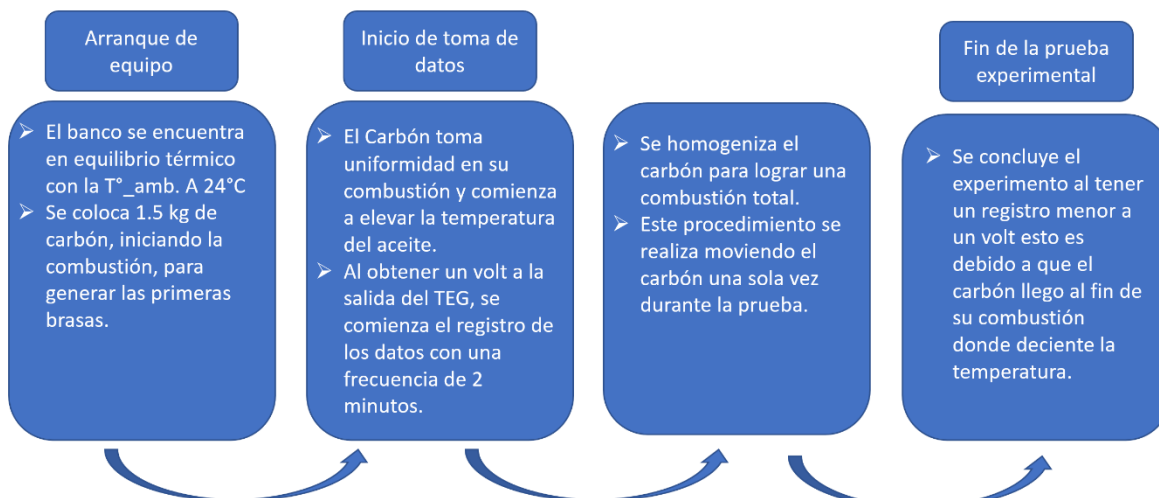


Figura 3. Esquema de condiciones y orden de operaciones de la experimentación.

Resultados

En la figura 4 se presenta el comportamiento de las temperaturas a través del tiempo. En la cual se observa que las temperaturas máximas de la T_{BT} y T_h son, de 166°C y 131°C en el minuto 60; respectivamente.

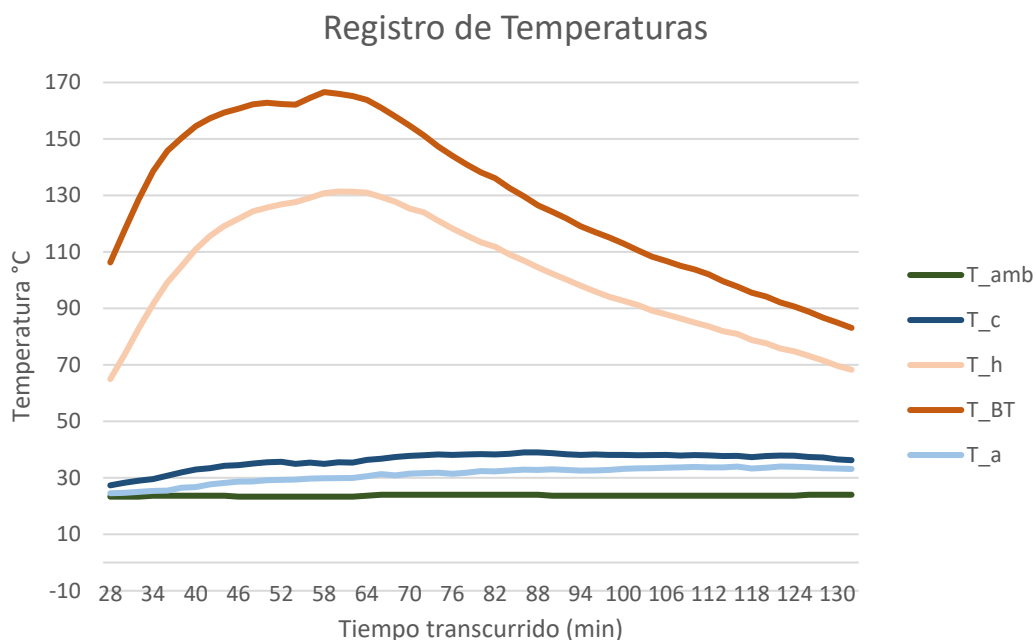


Figura 4. Comportamiento de las temperaturas promedio de 3 corridas de experimentación.

También se muestra que, en un intervalo de tiempo de 54 minutos, la T_h fue mayor a 100°C . En el caso de la T_c obtiene un valor máximo de 39°C , en el minuto 86.

La diferencia de temperaturas entre T_c y T_{amb} , presenta una diferencia máxima de 15°C a lo largo de la experimentación. La T_a sufre un incremento de temperatura máxima de 10 grados con respecto a su temperatura inicial.

En la Figura 5 se muestra la ΔT_{TEG} obtenida durante las pruebas. Esta alcanza su valor máximo de 95°C , en el minuto 62. Se presenta una T_h mayor de 100°C , en un intervalo de tiempo de 54 minutos; durante el cual, el promedio de ΔT_{TEG} fue de 82°C con una variación de $\pm 11^{\circ}\text{C}$.

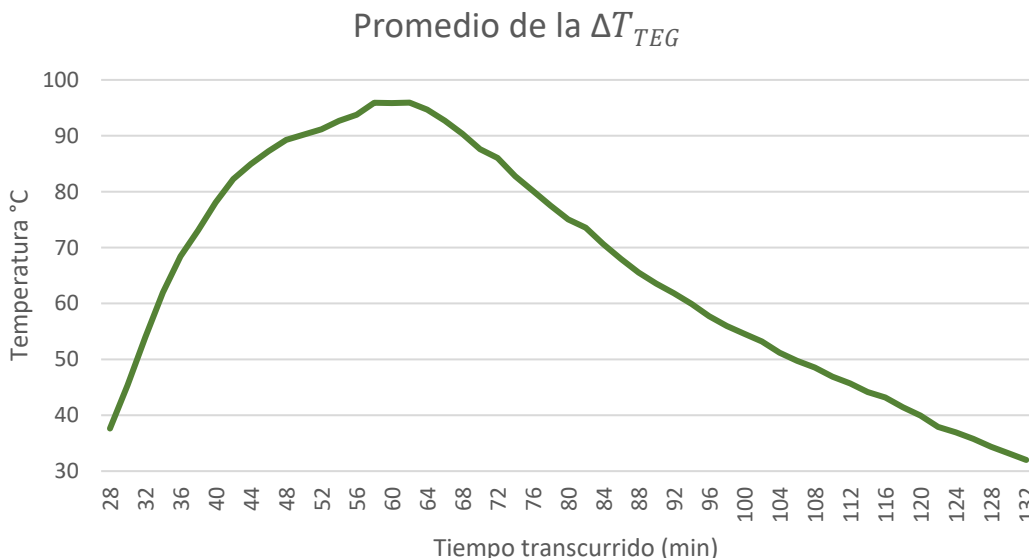


Figura 5. Comportamiento del diferencial de temperaturas entre T_h y T_c

Así mismo, se observa que en el minuto 62 comienza un descenso gradual en la ΔT_{TEG} ; presentando una duración de hasta 70 minutos aproximados, antes del término de la prueba.

En la figura 6 se presenta la potencia obtenida con la relación del ΔV_{TEG} y la corriente. La potencia máxima generada fue de $2.7 \times 10^{-2} \text{ Watts}$.

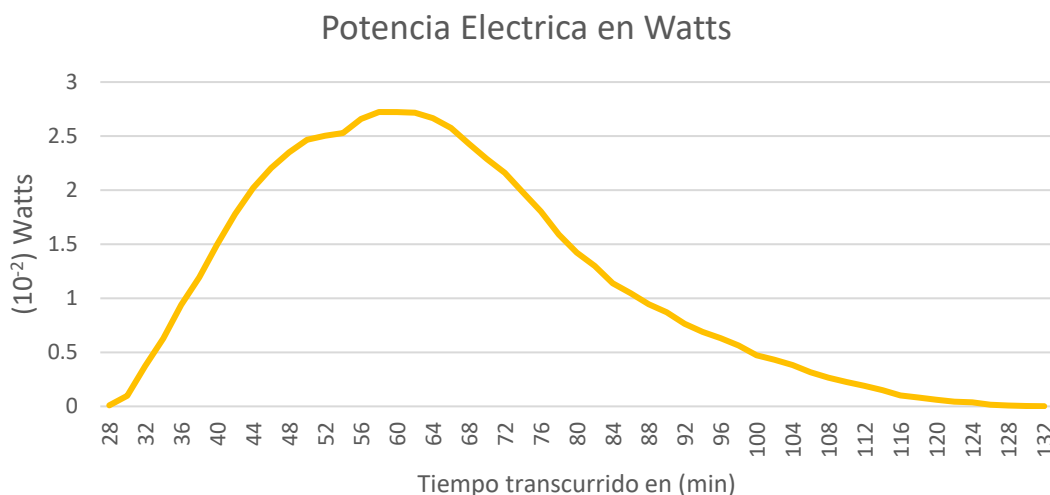


Figura 6. Comportamiento de la potencia electrica generada con el TEG.

En el intervalo de 54 minutos, cuando el promedio de ΔT_{TEG} fue de 82°C ; se genera en promedio $1.7 \times 10^{-2} \text{ Watts}$.

Comentarios finales

Resumen de resultado

La generación de diferencia de potencial de un TEG, depende de la ΔT_{TEG} a la que se somete al módulo. Resaltando que para obtener la máxima ΔT_{TEG} , la T_h depende de la fuente de calor; mientras que la T_c mínima de manera natural, tiende a ser la del ambiente. Con los resultados obtenidos en este trabajo, la máxima potencia eléctrica

generada fue de $2.7 \times 10^{-2} \text{ Watts}$; esta se consigue cuando la ΔT_{TEG} fue de 95°C . Esta ΔT_{TEG} se obtiene cuando los valores en la T_h fue de 131°C y la T_c de 35°C . El intervalo de tiempo en el que la T_h es mayor a 100°C fue de 54 min; Intervalo en el que la T_c se mantuvo en promedio a 36°C . Esto presento una diferencia de T_c con respecto a la T_{amb} , de 15°C ; con lo que se tiene una adecuada disipación de calor.

Conclusiones

En México, la quema de carbón es muy común; principalmente para cocción de alimentos. Por lo que es imperativo el diseñar y construir dispositivos que puedan recuperar el calor residual generado en este proceso y transformarlo en energía útil. Como el de este trabajo; el cual muestra un dispositivo que recupera calor residual por la quema de carbón, con lo que se logra una diferencia de temperaturas de 95°C en un módulo termoelectrico, el cual genera $2.7 \times 10^{-2} \text{ Watts}$.

El sistema de disipación de calor más utilizado en los módulos termoelectricos es el de flujo forzado. Para estos se hace uso de equipos como ventiladores o bombas; los cuales consumen energía para su funcionamiento. Con el efecto de termosifón aplicado en el sistema de disipación de calor en el TEG de este trabajo, se obtiene una diferencia de temperaturas no mayor a 15°C entre el lado frío de los módulos y el ambiente. Lo que elimina el consumo de energía al no utilizar un sistema de disipación con flujo forzado. Esto maximiza la generación de potencia con los TEG; ya que esta es neta.

Comentarios Finales

La caracterización del comportamiento del banco de pruebas presentado en este estudio es la base para un posterior análisis implementando un mayor número de módulos termoelectricos.

Referencias

- Ahmed Bilal, A., Zubair, M., Praveen, R., & Abdul Rauf, B. (2019). Design and comparative analysis of photovoltaic and parabolic trough based CSP plants. *Solar Energy*, 183, 551-565. doi:https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.03.037.
- Bruno, L., Paolo, M., Andrea, R., Aldo Di, C., Gang, C., & Chen, N. (2021). ractical development of efficient thermoelectric – Photovoltaic hybrid systems based on wide-gap solar cells. *Applied Energy*, 300, 117343. doi:https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.03.037.
- Champier, D., Bédécarrats, J., Kousksou, T., Rivaletto, M., Strub, F., & Pignolet, P. (2011). Study of a TE (thermoelectric) generator incorporated in a multifunction wood stove. *Energy*, 36, 1518-1526. doi:https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.01.012.
- D.M., R. (1999). Thermoelectrics, an environmentally-friendly source of electrical power. *Renewable Energy*, 16, 1251-1256. doi:https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00512-6.
- Ezzitouni, S., Fernández-Yáñez, P., Sánchez, L., & Armas, O. (2020). Global energy balance in a diesel engine with a thermoelectric generator. *Applied Energy*, Volume 269, 115139. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115139.
- J., Z., A., W., J., R., & M.A., G. (2013). General temperature dependence of solar cell performance and implications for device modelling. *Progress in Photovoltaics*, 11, 333-340. doi: https://doi.org/10.1002/pip.496
- Liu, Z., Zhang, L., & Gong, G. (2014). Experimental evaluation of a solar thermoelectric cooled ceiling combined with displacement ventilation system. *Energy Conversion and Management*, 87, 559-565. doi:https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.051.
- Payri, F., Olmeda, P., Martín, J., & Carreño, R. (2015). Experimental analysis of the global energy balance in a DI diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, Volume 89, 545-557. doi:https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.06.005.
- Ramírez, R., Sagastume Gutiérrez, A., Cabello Eras, J., Hernández, B., & Duarte Forero, J. (2020). Data supporting the evaluation of the energy recovery potential of thermoelectric generators in diesel engines. *Data in Brief*, 105075. doi:https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.105075.
- Tae Young, K., Assmelash A., N., & Gyubaek, C. (2016). Waste heat recovery of a diesel engine using a thermoelectric generator equipped with customized thermoelectric modules. *Energy Conversion and Management*, 124, 280-286. doi:https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.013.
- Wei, H., Rui, G., Hiroki, T., Yukitaka, K., & Shixue, W. (2019). Performance optimization of common plate-type thermoelectric generator in vehicle exhaust power generation systems. *Energy*, 175, 1153-1163. doi:https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.174.

Comparación de los Modos de Vibración de una Viga Empotrada Utilizando Métodos Teóricos, Experimentales y Computacionales

Francisco D. Calvo López¹, Francisco Calvo Percino², Rosa Reyna González³, Alberto Patraca Sotomayor⁴, Aurelio Horacio Heredia Jiménez⁵

Resumen—En este trabajo de investigación se realiza una comparación de los resultados obtenidos con el software de SolidWorks para el análisis de frecuencias naturales de una viga de ancho de 38 mm espesor de 3 mm y longitud de 400 mm de aluminio 7075-T6, para lo cual es fundamental determinar los primeros 4 modos de vibración, para esto se usaron cuatro diferentes métodos, como; las ecuaciones de Euler-Bernoulli para vigas empotradas, software comercial Ansys, NX 12 y en forma experimental, se observó que el promedio de error entre los resultados de SolidWorks con los teóricos el promedio fue de 0.76 y la desviación estándar de 0.04 con el experimentales fueron del orden de 1.08 y 0.40, mientras que los resultados obtenidos con Ansys fueron 0.42 y 0.02 y NX 12 fueron del orden 0.01 y 0.01, por lo cual se comprobó que el uso del Software de SolidWorks es apto para realizar análisis de vibraciones mecánicas de forma rápida y confiable.

Palabras clave: Vibración, Simulación, Viga, Análisis, Armónica.

Introducción

La presencia de las vibraciones en nuestro alrededor es una constante.

Los estudios iniciales de vibraciones se centraron en la comprensión del fenómeno y en el desarrollo de modelos matemáticos para su descripción. Sin embargo, en las últimas décadas su estudio ha estado motivado por sus aplicaciones ingenieriles en el diseño de máquinas, cimentados, estructuras, motores, turbinas y sistemas de control.

Una estructura o componente de una máquina sometida a cargas alternativas puede fallar a fatiga. Por ello, la vibración produce mayor desgaste de piezas mecánicas, como cojinetes o engranajes, así como mayor ruido. En máquinas, afloja uniones. En corte de metales, produce peores acabados superficiales. Por otra parte, toda vibración requiere cierta energía para producirse, lo que reduce el rendimiento en la máquina que la produce.

Un sistema sometido a una vibración cuya frecuencia coincide con alguna de las frecuencias naturales del sistema, se ve sometido al fenómeno de resonancia. La resonancia produce en el sistema, de forma progresiva, vibraciones con mayores amplitudes a la vibración excitadora, que en el peor de los casos produce el fracaso del material. Por ello, es esencial estudiar el comportamiento vibratorio de los sistemas objeto de desarrollo.

Los sistemas vibratorios con un número finito de grados de libertad son denominados discretos. Aquellos que poseen un número infinito de grados de libertad se denominan sistemas continuos.

Análisis de sistemas vibratorios

Un sistema vibratorio es aquel sistema dinámico donde las excitaciones (entradas) y las respuestas (salidas) dependen del tiempo. La respuesta de un sistema vibratorio depende de las condiciones iniciales, así como de las excitaciones externas.

La mayoría de los sistemas vibratorios son muy complejos y es imposible contemplar todas las características de este al realizar un análisis matemático. Sólo las características más importantes del mismo son tenidas en cuenta en el análisis para predecir su comportamiento.

El análisis de un sistema se estructura en:

- Creación de un modelo matemático.
- Planteamiento de las ecuaciones que rigen el comportamiento del sistema.
- Solución de dichas ecuaciones.
- Interpretación de resultados.

¹ Facultad de Electrónica, Decanato de Ingeniería, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Email: franciscodomingo.calvo@upaep.mx

² Departamento de Física, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. Email: frank.calvo.p@gmail.com

³ Facultad de Electrónica, Decanato de Ingeniería, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Email: rosareyna.gonzalez@upaep.edu.mx

⁴ Facultad de Electrónica, Decanato de Ingeniería, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Email: alberto.patraca@upaep.edu.mx

⁵ Facultad de Electrónica, Decanato de Ingeniería, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Email: aureliohoracio.heredia@upaep.mx

Selección de materiales

En este estudio, nuestro material de elección para la viga es Aluminio 6061-T6 debido a las siguientes características: Su relación fuerza-peso es muy alta, lo que la hace ideal para lograr una estructura liviana, excelente resistencia estructural y tenacidad, lo que indica una alta rigidez y facilidad de trabajo, tiene buenas características de acabado y responde bien al anodizado, está fácilmente disponible y tiene una excelente maquinabilidad debido a sus características,

Características de la viga.

Para este caso se propuso una viga en voladizo (figura 1), que posee las siguientes características geométricas y propiedades del material:

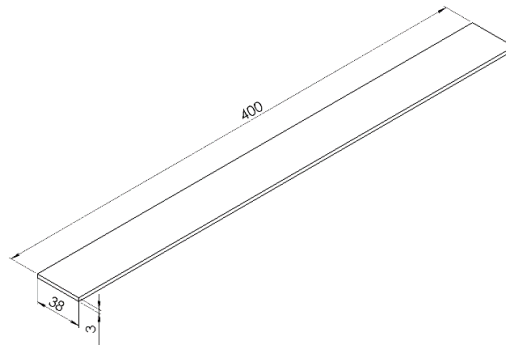


Figura 1. Geometría y dimensiones de la viga.

- Base de la viga: 38 mm
- Espesor de la viga: 3 mm
- Longitud de la viga: 400 mm
- Módulo de elasticidad del material: 70000 MPa
- Densidad del material: 2700 kg/m³

Vigas en voladizo

Análisis modal de una viga en voladizo: se ensambló un modelo mecánico en viga en voladizo, de tal manera que uno de sus extremos quedó restringido para todos los grados de libertad y el otro extremo libre. Con el fin de realizar el análisis modal se marcó sobre la superficie superior de la placa, 11 puntos, separados a distancias iguales en toda la longitud de la viga, definiendo de esta manera las posiciones de excitación con un martillo. Así mismo, se acopló un acelerómetro en el extremo libre de la viga, llevando la señal de este, a uno de los canales de la tarjeta de adquisición, al mismo tiempo se conectó el martillo a otro canal de la misma tarjeta. Además, se programó la computadora para obtener la información FRF, teniendo en cuenta los valores de sensibilidad de los transductores. De esta manera se obtuvieron 11 funciones de respuesta en frecuencia FRF, correspondiente a la excitación aplicada en cada punto.

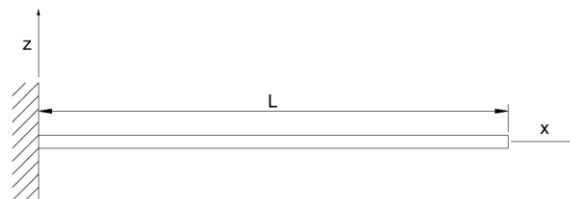


Figura 2. Viga en voladizo.

	Marca	Modelo
Tarjeta de adquisición de señales	QUATTRO	DP-4
Martillo	PCB Piezotronics	086E80

Acelerómetro	PCB Piezotronics	352B10
Computadora	DELL	Inspiron 15 Serie 7000

Cuadro 1. Equipos utilizados en análisis modal viga en voladizo [3].

Verificación Computacional

A continuación, se presenta el procedimiento de verificación computacional utilizado en este trabajo con base a las recomendaciones dadas en Oberkampf et al.- y por AIAA_G-077 (W. L. Oberkampf, T. G. Trucano, and C. Hirsch y R. Scigliano, M. Scionti, and P. Lardeur).

La ecuación diferencial que describe el movimiento de una viga en voladizo está dada por:

$$W_x = -\mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} \tag{1}$$

Donde: W_x - es la carga de inercia debido a la masa de la viga, μ - es la masa de la viga por unidad de longitud.

De tal manera que, la solución general de la ecuación diferencial (1) es:

$$\bar{y} = A \sin \beta x + B \cos \beta x + C \cosh \beta x + D \sinh \beta x \tag{2}$$

Evaluando las condiciones de frontera de la viga en voladizo, en la ecuación (2), se obtiene la ecuación característica de movimiento de la viga:

$$\cos \beta l + \cosh \beta l = -1 \tag{3}$$

Las soluciones de la ecuación (3) se encuentran mediante el método iterativo de Newton-Raphson. El cuadro 2 muestra lo mismo:

Index	$\beta_n L$
βl_1	1.87510
βl_2	4.69409
βl_3	7.85475
βl_4	10.99554

Cuadro 2 Soluciones de la ecuación (3).

Con las raíces obtenidas y las propiedades de la viga las frecuencias modales teóricas se calcularon utilizando la siguiente expresión:

$$w_n = \beta l_n \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \tag{4}$$

n	w_n
1	15.42
2	96.65
3	270.60
4	530.30

Cuadro 3. Primeras 4 frecuencias teóricas del a viga en voladizo [3].

Resultados de la simulación de la viga

Resultados obtenidos con SolidWorks

Frecuencia modal obtenida (Hz)	
Modos	Simulación con SolidWorks
1	15.54
2	97.34
3	272.62
4	534.67

Cuadro 4. Resultados SolidWorks.

En las figura 3,4, se observan los modos de vibración de la viga.

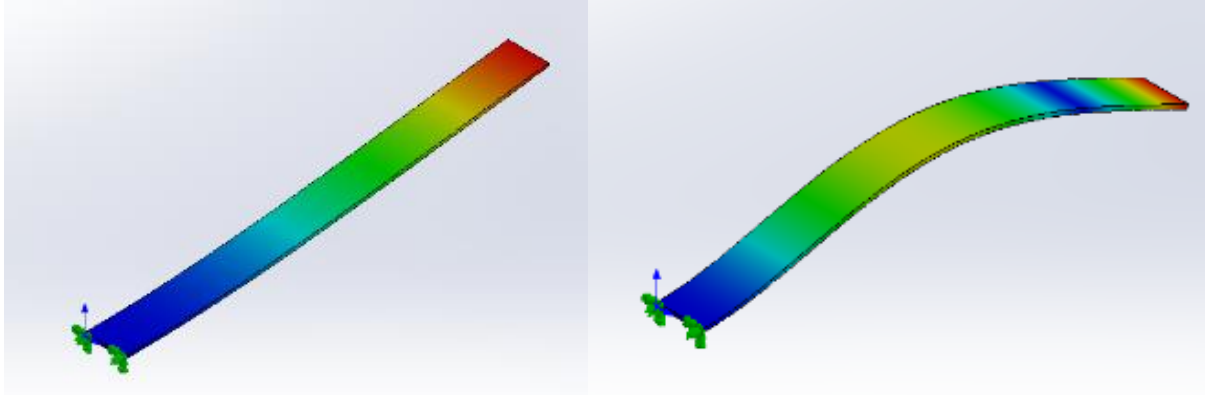


Figura 3. Primer y segundo modo de vibración.

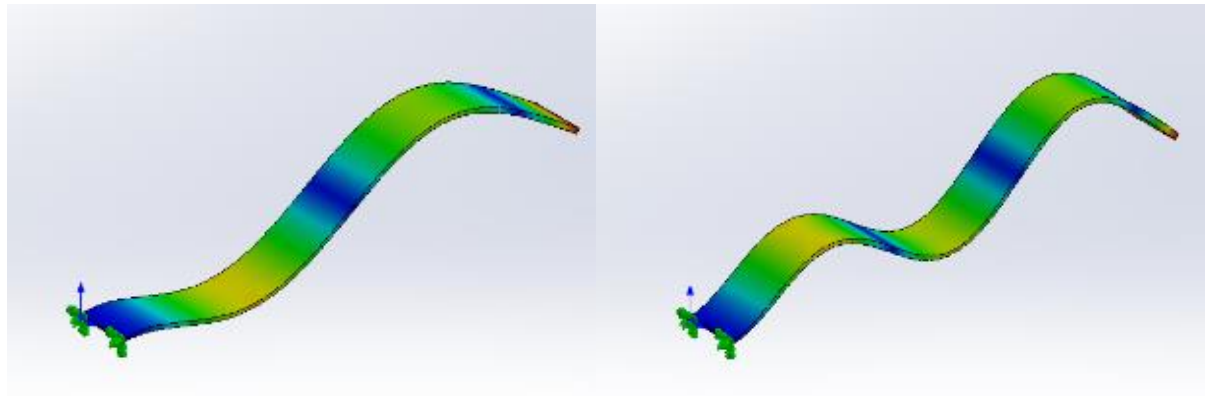


Figura 4. Tercer y cuarto modo de vibración.

Resultados obtenidos con NX12

Frecuencia modal obtenida (Hz)	
Modos	Simulación con NX12
1	15.54
2	97.35
3	272.66
4	534.78

Cuadro 5. Resultados NX12.

En las figura 5,6 se observan los modos de vibración de la viga.

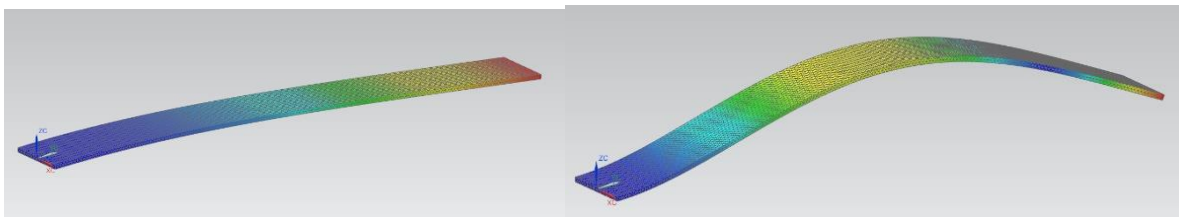


Figura 5. Primer y segundo modo de vibración.

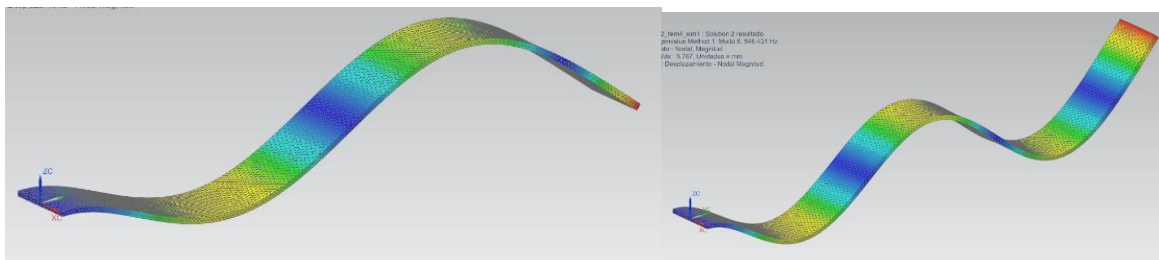


Figura 6. Tercer y cuarto modo de vibración.

Resultados experimentales

Se realizó experimentalmente el mismo estudio modal de la viga, de donde se obtuvo una lista de datos los cuales se evaluaron y los resultados finales se encuentran en la tabla siguiente:

Frecuencia modal obtenida (Hz)	
Modos	Experimenta
1	15.63
2	98.13
3	276.30
4	543.10

Cuadro 6. Resultados Experimentales.

Comparación de resultados.

Se realizó la comparación de los resultados y además se obtuvieron los promedios y desviaciones estándar entre los diferentes métodos utilizados.

Los cuales se enlistan en el cuadro 7:

Conclusiones

En conclusión, debemos decir que, en términos generales, los resultados de la simulación realizada con SolidWorks para las frecuencias modales, en comparación con el método teórico, experimental y de simulación con ANSYS y NX 12, se basan en la verificación computacional utilizada en este trabajo con base en las recomendaciones, dada en Oberkampff et al. y por AIAA_G-077 y la tesis de Jorge Enrique Herrera Arroyave.

En el cuadro 7 se muestra la comparación de los resultados obtenidos con SolidWorks y NX12 con la simulación teórica, experimental y con ANSYS, así como la desviación media y estándar.

Con estos resultados se comprueba que el programa de simulación de elemento finito de SolidWorks es adecuado para realizar análisis de vibraciones mecánicas.

Modo	Frecuencia modal obtenida (Hz)					% Error de la simulación en SolidWorks con respecto a:			
	Teórico	Simulación NX 12	Simulación ANSYS [3]	Experimental	Simulación SolidWorks	Teórico	Simulación NX 12	Simulación ANSYS [3]	Experimental
1	15.42	15.54	15.60	15.63	15.54	0.77	0.00	0.39	0.58
2	96.65	97.35	97.74	98.13	97.34	0.71	0.01	0.41	0.81
3	270.60	272.66	273.80	276.30	272.62	0.74	0.01	0.43	1.35
4	530.30	534.78	537.08	543.10	534.67	0.82	0.02	0.45	1.58
					Promedio	0.76	0.01	0.42	1.08
					Desviación estándar	0.04	0.01	0.02	0.40

Cuadro 7. Comparativa de resultados.

Agradecimientos

Agradecimiento al CONACYT, NASA, Agencia espacial Mexicana.

Referencias

- J. E. Herrera Arroyave, "Diseño estructural de un sistema CubeSat con recubrimiento de barrera térmica," Maestría en Ingeniería Aeronáutica con Orientación en Estructuras, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garzas, N.L., Mexico, 2015.
- W. L. Oberkampf, T. G. Trucano, and C. Hirsch, "Verification and Validation for Modeling and Simulation in Computational Science and Engineering Applications," in Foundations for Verification and Validation in the 21st Century Workshop, Laurel, Maryland, p. 74, 2002.
- R. Scigliano, M. Scionti, and P. Lardeur, "Verification, validation and variability for the vibration study of a car windscreen modeled by finite elements," Finite Elements in Analysis and Design, vol. 47, pp. 17-29, 2011.

Diseño y Evaluación de Platos Bipolares de una Celda de Combustible Tipo PEM de 12 Volts

Ing. Eduardo Vidal Castro-Jimenez¹, Dr. Juan Manuel Tadeo Sierra-Grajeda²,
Dra. Sandra Jazmín Figueroa-Ramírez³, Dr. Humberto Julián Mandujano-Ramírez⁴

Resumen— En este trabajo se fabricó y evaluó una Celda de Combustible del tipo Membranas Intercambiadoras de Protones (PEMFC, por sus siglas en inglés). El objetivo fue producir un voltaje máximo de 12 volts y comparar su desempeño vs. una celda comercial de similares características energéticas, pero innovando en el diseño de los platos de flujo mediante la optimización de los campos de flujo e incorporando aletas para la disipación de calor. Los diseños de los platos de flujo usados son los propuestos por el Grupo de Investigación en Tecnologías del Hidrógeno de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR). Entre los resultados obtenidos después del ensamblado y acondicionamiento del stack, a una presión de 3 psi y temperatura ambiente de 25°C, fue un potencial de 13.7 volts. Para la evaluación final de la celda se generaron gráficas de polarización mediante el uso de un potencióstato.

Palabras clave—PEMFC, hidrógeno, energía, celda de combustible, Membrana Intercambiadora de Protones.

Introducción

Las celdas de combustible son dispositivos que convierten directamente la energía química en energía eléctrica, las cuales producen electricidad a medida que los reactantes son suministrados a la celda. En las celdas, el combustible es oxidado continuamente en uno de los electrodos (el ánodo) mientras se reduce oxígeno en el otro electrodo (el cátodo). La reacción se completa con la circulación de los electrones a través del circuito externo para la realización del trabajo eléctrico (Alonso-Vante, 2003). Existen diferentes tipos de celdas de combustible, y se diferencian según el tipo de electrolito utilizado, sólido o líquido, que condiciona la construcción, la aplicación y los parámetros de operación (temperatura, presión, propiedades de los fluidos de los reactantes, etc.) (Sierra Grajeda, 2010). Podemos resumir los diferentes tipos de celdas de combustible en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de los diferentes tipos de celdas de combustibles (Vallejo Puerta, 2003) (Zambrano Hernández, 2020).

Tipos de celdas	Electrolito	Temperatura	Combustible	Reacción electroquímica
Polímero sólido (PEMFC)	Membrana polimérica (Nafion®)	30-100 °C	H ₂	Ánodo: H ₂ → 2H ⁺ + 2e ⁻ Cátodo: ½ O ₂ + 2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂ O Global: H ₂ + ½ O ₂ → H ₂ O
Alcalinas (AFC)	KOH (líquido)	65-220 °C	H ₂	Ánodo: H ₂ + 2(OH) ⁻ → 2 H ₂ O + 2e ⁻ Cátodo: ½ O ₂ + 2 H ₂ O + 2e ⁻ → 2(OH) ⁻ Global: H ₂ + ½ O ₂ → H ₂ O
Ácido fosfórico (PAFC)	H ₃ PO ₄	175-200 °C	H ₂	Ánodo: H ₂ → 2H ⁺ + 2e ⁻ Cátodo: ½ O ₂ + 2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂ O Global: H ₂ + ½ O ₂ → H ₂ O
Carbonatos fundidos (MCFC)	Carbonatos Li, Na, K	600-1000 °C	H ₂	Ánodo: H ₂ + CO ₃ ²⁻ → 2 H ₂ O + CO ₂ + 2e ⁻ Cátodo: ½ O ₂ + 2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂ O Global: H ₂ + ½ O ₂ → H ₂ O
Óxido Sólido (SOFC)	(Zr, Y)O ₂	800-1000 °C	H ₂	Ánodo: H ₂ + O ²⁻ → H ₂ O + 2e ⁻ Global: ½ O ₂ + 2e ⁻ → O ²⁻ Celda: H ₂ + ½ O ₂ → H ₂ O
Conversión directa de metanol (DMFC)	Nafion	30-100 °C	CH ₃ OH	Ánodo: CH ₃ OH + H ₂ O → CO ₂ + 6H ⁺ + 6e ⁻ Cátodo: ½ O ₂ + 6H ⁺ + 6e ⁻ → 3H ₂ O Celda: CH ₃ OH + 3/2 O ₂ → CO ₂ + 2H ₂ O

¹ Ing. Eduardo Vidal Castro Jimenez, estudiante de la Maestría en Ingeniería de Materiales y Energía, becado por CONACyT 2021.

vidalcastro1494@gmail.com

² El Dr. Juan Manuel Tadeo Sierra Grajeda es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UNACAR, Ciudad del Carmen, Camp. jsierra@pampano.unacar.mx

³ La Dra. Sandra Jazmín Figueroa-Ramírez es profesora investigadora de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UNACAR, Ciudad del Carmen, Camp. sfigueroa@pampano.unacar.mx

⁴ El Dr. Humberto Julián Mandujano-Ramírez es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UNACAR, Ciudad del Carmen, Camp. hmandujano@pampano.unacar.mx

De entre las diferentes celdas de combustible, las PEMFC son actualmente la opción más prometedora a nivel mundial para las aplicaciones móviles, la generación de energía distribuida/estacionaria y portátil, debido a su alta eficiencia, alta densidad de corriente, baja temperatura de operación, arranque rápido, y nulas emisiones de contaminantes durante su operación (Wang et al., 2020). Es por lo anterior que en este artículo el tema de investigación se delimitó a las PEMFC.

En este proyecto se trabajó con una PEMFC de cátodo abierto (la celda se oxigena a partir del aire), con la intención de que la celda ocupe menos espacio al eliminar la instalación de tanques de oxígeno.

Las PEMFC son dispositivos modulares, es decir, se pueden hacer tan grandes a como la demanda del suministro de energía se requiera. La celda más pequeña que se puede armar es conocida como monocelda, la cual tiene en promedio de voltaje máximo de 0.9 V. De requerirse un suministro superior al de una monocelda es necesario ensamblar un conjunto de monoceldas conectadas en serie, lo que comúnmente se conocen como “Fuel Cell Stack”, cuya traducción literal es “Apilamiento de Celdas de Combustible” (Mayandía Aguirre, 2009). A continuación, se describen cada uno de los componentes de una PEMFC, tanto en su función, materiales, y su ubicación dentro de la celda de combustible.

Una PEMFC en monocelda de cátodo abierto está compuesta en su interior por un Ensamble Membrana-Electrodos (MEA, por sus siglas en inglés), el cual debe hacer contacto con los platos de flujo. Estos a su vez deben estar en contacto con placas colectoras de corriente y finalmente, para dar rigidez a la celda, se colocan unos platos finales, los cuales con ayuda de empaques y pernos mantienen comprimida la celda para evitar que el hidrógeno fugue.

La estructura básica de una PEMFC en monocelda está representada en la figura 1.

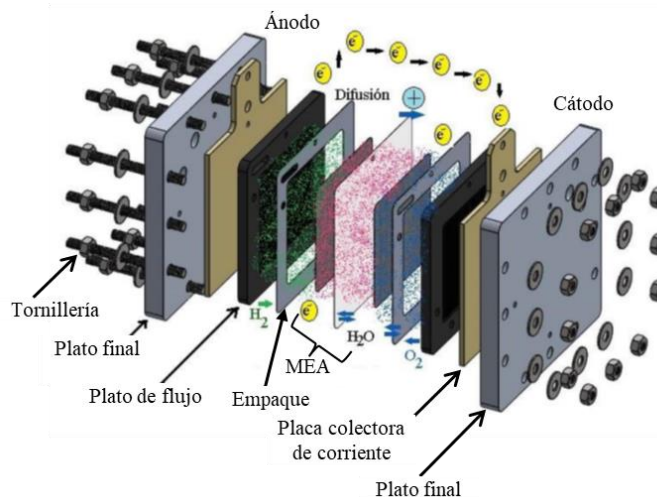


Figura 1. Partes fundamentales y funcionamiento de una PEMFC (Tomado y modificado de Vallejo Puerta, 2003).

El MEA está conformado por tres partes fundamentales:

Electrolito: En el centro del MEA se encuentra una membrana polimérica sólida, la cual además de ser impermeable tiene la propiedad de permitir solamente el paso de los iones de hidrógeno (H^+) del ánodo al cátodo. El Nafion® de DuPont es la membrana comúnmente usada, la cual es transparente y su grosor varía entre 50 – 175 micras (Aguer Hortal & Miranda Barreras, 2005). **Catalizador:** Sobre este electrolito se coloca el catalizador (Platino (Pt) soportado en carbono) en ambos lados de la membrana, es aquí en donde ocurren las reacciones electroquímicas, el cual es el encargado de oxidar el hidrógeno y reducir el oxígeno (Asensio, et al., 2011). **Difusor de gases:** Finalmente se colocan unas capas difusoras de gas, como el papel o tela de carbón, este es el responsable de distribuir los gases reactivos (H_2 y aire) hacia la superficie del electrodo y de eliminar el agua generada (Moha Calderón, 2022). Cabe mencionar que algunos autores recomiendan que el catalizador se deposite sobre el difusor de gas y no sobre la membrana (Hernández Herrera, 2019).

Empaques: Los empaques o sellos de silicona cumplen la función de aislar eléctricamente a los platos de grafito y evitar que los gases escapen de la celda. Estos deben tener un espesor similar al difusor de gas (Hernández Herrera, 2019).

Después del MEA y los empaques, el siguiente componente que conforma la estructura de una PEMFC son los platos de flujo. Se utilizan principalmente para conducir el combustible y el oxidante a los electrodos y distribuirlos de manera uniforme y controlada mediante canales de flujo grabados sobre el material, además sirven para drenar el agua que se genera en el cátodo y como colector de corriente. El material de este componente debe ser buen conductor

eléctrico y térmico, estable en medios ácidos, no permeable a los gases, delgados, livianos, resistentes y de fácil manejo para el maquinado de campos de flujo (Moha Calderón, 2022). Cuando se unen varias monoceldas para construir un stack, los platos de flujo intermedios reciben el nombre de platos bipolares debido a que en ambos lados del plato se graba un campo de flujo diferente y las de los extremos son los platos de cierre o monopolares (solo tienen un campo de flujo en uno de sus lados). En el lado del ánodo los canales de flujo se encuentran en la región central del plato y tienen diferentes tipos de diseño como, por ejemplo, en serpentin, paralelo o interdigitado (Molina Barrientos, 2020). Para el lado del cátodo los canales diseñados son rectos y abiertos a la atmósfera.

Otros componentes que conforman una PEMFC son placas colectoras de corriente, platos finales y tornillería. Las placas colectoras de corriente deben ser de algún metal como el cobre, cuya función es estar en contacto directo con los platos de flujo monopolares y por medio de ellos realizar las conexiones para el circuito externo. Los platos finales tienen la función de dar rigidez, soporte y seguridad al stack, en este se realizan perforaciones para introducir los tornillos utilizados. El material de los platos finales puede estar fabricado en metales como el aluminio, acero inoxidable o en acrílico.

Metodología

La metodología utilizada en este trabajo se describirá en las siguientes etapas:

Diseño y Dimensionamiento: Para el diseño de los platos de flujo de la PEMFC de 12V de cátodo abierto se implementaron los diseños propuestos por el Grupo de Investigación en Tecnologías del Hidrógeno de la Facultad de Ingeniería de la UNACAR. Para el diseño de los canales de flujo se utilizó los resultados obtenidos por Molina Barrientos (2020), en el cual determinó, mediante estudio de dinámica de fluidos computacional, que el campo de flujo en serpentin de tres canales a 1 mm de ancho y 1 mm de profundidad reduce las caídas de presión significativamente y se lograba una cobertura de la superficie catalizadora de 4/5 partes.

Por otro lado, Hernández Herrera (2019) realizó un estudio numérico sobre los procesos de generación, distribución y disipación de calor en una PEMFC. El estudio consideró añadir un sistema de disipación de calor pasivo (aletas) con la finalidad de remover el calor de la celda de manera efectiva e incrementar el desempeño de la celda de combustible. Dicho sistema mostró un incremento en la eficiencia aproximadamente del 5%.

Por lo anterior, los platos diseñados incluyen para el ánodo un campo de flujo con 3 canales en serpentin paralelos con un ancho y profundidad de 1 mm, y con aletas para la disipación de calor. Además de considerar los canales del cátodo en vertical para permitir el drene del agua producida. En la figura 2 se muestran los bocetos de los platos de flujo diseñados para el presente trabajo para su posterior maquinado.

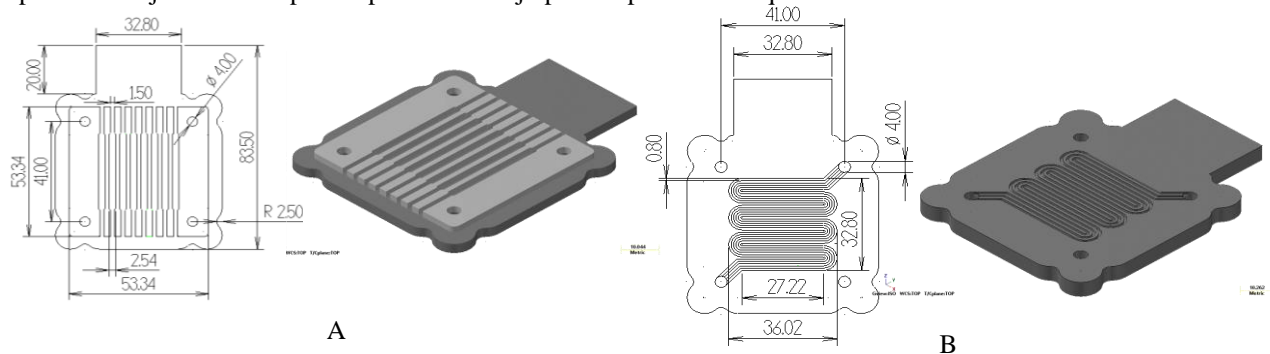


Figura 2. Diseños de los platos de flujo. A) Cátodo, B) Ánodo (unidades mm).

Para determinar el área del campo de flujo del cátodo se tomó de referencia el área de los MEA's utilizados. Para el caso de los MEA's se utilizaron ensamblajes comerciales de la empresa Fuel Cell Store, estos fueron seleccionados para una celda de combustible de hidrógeno/aire, son de 5 capas y cuentan con un área activa de 9 cm². La finalidad de usar ensamblajes comerciales fue para garantizar la eficiencia de los MEA y para evaluar solamente los platos de flujo, así como para tener una comparación equitativa entre el prototipo y una celda comercial.

De acuerdo con Moha Calderón (2022), por cada celda con un área activa de 9 cm² se genera un potencial máximo promedio de 0.9 V, por lo tanto, si requerimos un potencial de 12V necesitaremos un total de 14 MEA, 13 platos de flujo bipolares y 2 platos de flujo monopolares. Además, se realizó el diseño y maquinado de los platos finales, y colectores de corriente, los cuales se muestran en la figura 3. Los materiales utilizados para las piezas maquinadas se muestran en la tabla 2.

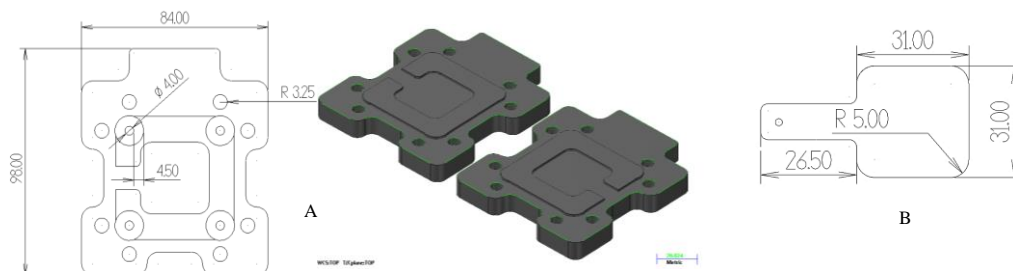


Figura 3. Diseños de los platos de finales A) y placas colectoras de corriente B) (unidades mm).

Maquinado de piezas: Los componentes diseñados fueron fabricados por medio de una máquina CNC modelo Baron® asistida por computadora, ubicada en el Laboratorio de Hidrógeno en la UNACAR (ver figura 4), la cual tiene una exactitud de maquinado de 0.0762 mm, resolución de 0.0006 mm y repetitividad de 0.0127 mm. Dicha máquina fue habilitada por primera vez para el desarrollo de este trabajo, lo cual generó conocimiento en el grupo de investigación para la fabricación futura de celdas de combustible en stack. Para poder manejar la máquina CNC primero es necesario dibujar la pieza, para ello se utilizó el software MasterCam5X, el cual además sirve para establecer los parámetros de corte de cada pieza. Por último, es necesario utilizar el software MasterMx para generar comunicación numérica entre el ordenador y la CNC.

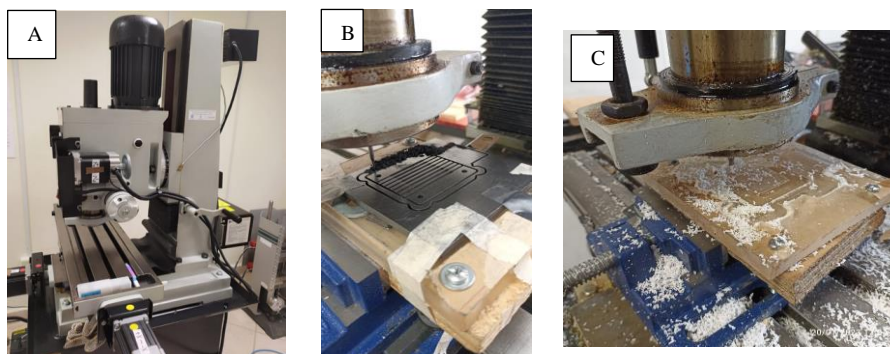


Figura 4. A) Máquina CNC modelo Baron® y evidencia de Maquinado de piezas, B) plato de grafito y C) platos finales.

Tabla 2. Lista de materiales que conforman las partes del Stack fabricado.

Componente	Material	Piezas	Características
Placas finales	Acrílico de 11 mm	2	Tabloide con espesor: 11 mm
Tornillos	Acero inoxidable	8 juegos de tornillo, arandelas y tuercas.	Espárragos de 12 cm de largo, 5 mm de diámetro.
Platos de flujo	Grafito	15= 13 platos bipolares y 2 monopolares.	Dimensiones: 10.16×10.16 mm Espesor: 5 mm
Colectores de corriente	Cobre	2	Placas de cobre Espesor: 2mm
Sellos	Teflón	28	Dimensiones: 53.64 mm ² Dimensión de Orificios: 4 mm Área de la membrana: 33.54 mm ² Espesor: 10 micras
MEA	Nafion® 212	14	Membrana de intercambio: Dimensiones: 33.54 mm ² Espesor: 50 micras

Ensamblado y acondicionamiento de la celda: Moha Calderón (2022) determinó que no se debe exceder el torque máximo de 8 lbf-in, ya que si se excede se rompen los platos de flujo. Por lo anterior, para el armado de la celda se usó un torque de 5 lbf-in, en el cual se aseguró que no existían fugas.

Evaluación de la PEMFC: Debido a que el potencial de una celda disminuye desde su potencial de equilibrio a su potencial real por pérdidas irreversibles asociadas a los procesos electroquímicos y de transporte de masa, fue

necesario evaluar la PEMFC por medio de curvas de polarización, en las cuales se puede apreciar las regiones de pérdidas por activación, resistencia óhmica y por concentración (Wilberforce & Ghani Olabi, 2020). Para lo anterior, la PEMFC fue conectada a un potenciostato ubicado en el Laboratorio de Hidrógeno en la UNACAR, con capacidades máximas de 14 V y 4 Amperes (A). Antes de iniciar la evaluación, la PEMFC se acondicionó a una presión de operación de 3 psi manométrica (válvula de salida del hidrógeno cerrado) y temperatura ambiente (25°C). Además, se conectó una carga de 12 V por una hora para activar y humedecer el MEA, la cual empezó a condensar a los 10 min de haber iniciado. Los equipos utilizados para la evaluación se muestran en la figura 5.

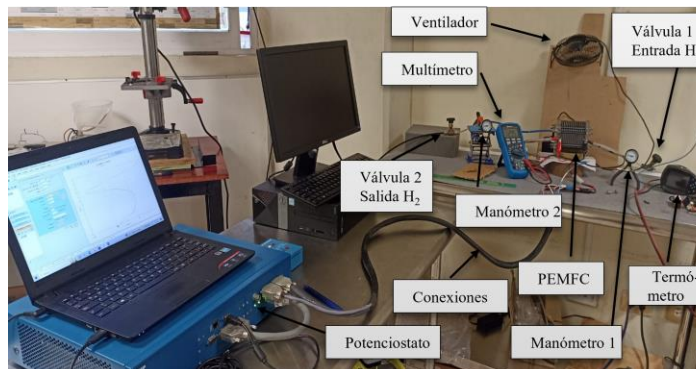


Figura 5. Equipos y conexiones utilizados durante pruebas experimentales.

Resultados

Los resultados obtenidos de la evaluación de la celda de combustible experimental corresponden a las gráficas de polarización y de potencia, generadas por el potenciostato. Para lo anterior se consideraron dos escenarios, el primer análisis se realizó con convección natural (sin encender un ventilador sobre la PEMFC) y el segundo con convección forzada (encendiendo un ventilador sobre la PEMFC). En la figura 6 se muestran las curvas de polarización obtenidas de dichos experimentos.

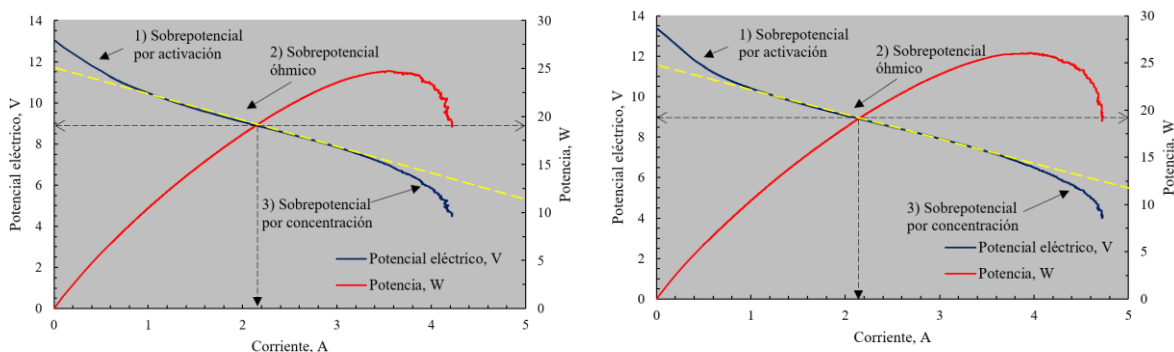


Figura 6. Curva de polarización de la PEMFC fabricada, la gráfica de la izquierda corresponde al escenario de convección natural y el de la derecha al de convección forzada, ambos generados a una velocidad de 10 Volts/seg.

En la figura 7 se muestran las curvas de polarización comerciales publicadas por un proveedor de PEMFC, dichas curvas corresponden al modelo H-30 PEM FUEL CELL 30W FCS-B30. Esta celda comercial es el punto de referencia para comparar los rendimientos de la PEMFC fabricada en este trabajo.

La celda comercial especifica que, para un stack de 14 celdas con convección forzada, se obtiene un voltaje máximo de 14 V. Además de una potencia de 30W y un rendimiento nominal de 8.4 V a 3.6 A. Dicha potencia se puede obtener del cálculo $8.4\text{ V} \times 3.6\text{ A} = 30.24\text{ W}$. Los parámetros operativos los establecen entre 6.5-8 psi y 55 °C.

En el caso de la PEMFC fabricada, para el primer escenario se registró un voltaje máximo de 13.06 V. Además, el rendimiento se estableció en un rango entre los 10.2 y 6.6 V, con un promedio de 8.4 V, el cual por medio del gráfico correlaciona una corriente de 2.2 A, y una potencia igual a 18.5 W ($8.4\text{ V} \times 2.2\text{ A} = 18.5\text{ W}$).

Para el segundo escenario de la PEMFC fabricada se obtuvo un voltaje máximo de 13.38 V, llegando a picos de 13.7 V. Para el rendimiento óptimo de operación se obtuvieron datos similares al escenario uno, 8.4 V, 2.2 A y 18.5 W. Sin embargo, se logró obtener una corriente máxima de 4.8 A y una potencia máxima de 25.78 W, lo cual es mayor al escenario uno que solo se generó una corriente máxima de 4.2 A y una potencia máxima de 24.6 W.

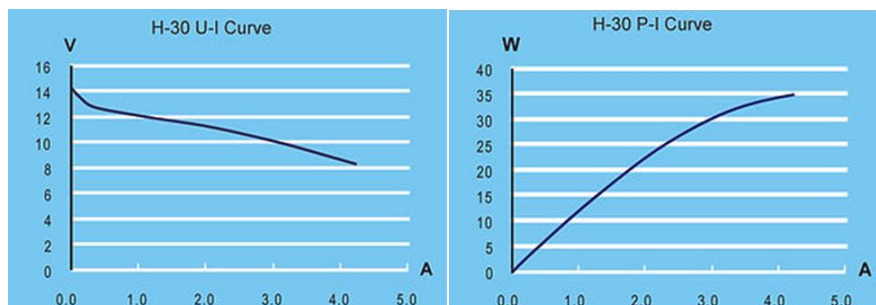


Figura 7. Curvas de polarización comerciales de un stack modelo H-30 PEM FUEL CELL 30W FCS-B30 (Horizon Fuel Cell Technologies, s.f.).

Conclusiones

Se concluye que se obtuvieron buenos resultados, ya que a una presión de trabajo igual a 3 psi se obtuvieron valores similares al de una PEMFC comercial, la cual opera a presiones y temperaturas mayores (entre 6.5-8 psi y 55°C). Además, no se superó la temperatura de 41 °C a convección natural, llegando incluso a temperaturas de operación de 37 °C a convección forzada. Lo anterior apunta a un buen funcionamiento de los diseños propuestos en los platos de flujo y compite con las temperaturas de trabajo reportados por proveedores internacionales. Al lograr disminuir la temperatura de trabajo de la PEMFC y disminuir el requerimiento de presión para la operación óptima de la celda se prolonga el tiempo de vida de los MEA.

Por último, cabe mencionar que el equipo utilizado para el desarrollo de las gráficas está limitado a potenciales y corrientes de 14V y 4 A, por lo que de requerirse una mayor intensidad de corriente para la evaluación del stack se requiere de otros equipos como el convertidor booster.

Referencias

- Aguer Hortal, M., & Miranda Barreras, Á. L. (2005). *El hidrógeno, Fundamento de un futuro equilibrado*. España: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Alonso-Vante, N. (2003). *Electroquímica y electrocatálisis, Materiales: aspectos fundamentales* (Vol. 1b). Buenos Aires: e-libro.net.
- Asensio, J. A., Peña, J., Pérez-Coll, D., Ruíz-Morales, J. C., Marrero-Lopez, D., Nuñez, P., . . . Gómez-Romero, P. (2011). Pilas de combustible de Membrana polimérica.
- Hernández Herrera, C. (2019). Evaluación Numérica de la transferencia de calor en una celda de combustible tipo PEM con un sistema de refrigeración. *(Tesis magístral)*. Universidad autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen.
- Horizon Fuel Cell Technologies. (s.f.). *H-SERIES AIR COOLED 10W-5kW PEM STACK MODULES*. Recuperado el 02 de Mayo de 2023, de <https://www.horizonfuelcell.com/hseries>
- Mayandía Aguirre, A. (2009). *Descripción y Modelado de una Pila de Combustible de Membrana de Intercambio Protónico*. España.
- Moha Calderón, M. F. (2022). Diseño y caracterización de prototipos de celdas de combustibles tipo PEM. *(Tesis de licenciatura)*. Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen.
- Molina barrientos, R. (2020). Evaluación numérica del campo de flujo de una celda de combustible tipo PEM. *(Tesis de licenciatura)*. Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen.
- Sierra Grajeda, J. (2010). Diseño y simulación de una celda de combustible tipo PEM mediante técnicas de CFD. *(Tesis doctoral)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Vallejo Puerta, O. (2003). Ensamble y evaluación de una celda combustible tipo PEM. *(Tesis magístral)*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.
- Wang, Y., Ruiz Diaz, D. F., Chen, K. S., Wang, Z., & Cordobes Adroher, X. (2020, Febrero). Materials, technological status, and fundamentals of PEM fuel cells – A review. 32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mattod.2019.06.005>
- Wilberforce, T., & Ghani Olabi, A. (2020). Performance Prediction of Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC) Using Adaptive Neuro Inference System (ANFIS).
- Zambrano Hernández, M. L. (2020). Análisis del comportamiento de celdas de combustible (meas) durante diferentes regímenes de operación y ante variaciones de parámetros de funcionamiento y perturbaciones externas, para pilas de combustible de intercambio protónico (pem) utilizando sistema. *(Tesis doctoral)*. Universidad de Extremadura, España.

Contador Digital de Días Seguros en la Empresa Comisión Federal de Electricidad

MER. Juan Pedro Cervantes De La Rosa¹, Dr. José Lorenzo Muñoz Mata²,
Lic. José Mauro Huerta³, Ing. Jesús García Gazca⁴

Resumen—La necesidad de crear un contador digital con sistema de conteo automático que cambié día a día, el conteo sería determinado por el número de días sin tener accidentes que se tuviera registrado en la Gerencia Divisional Centro Oriente del Estado de Puebla. En respuesta de la necesidad presentada se planifico el diseño de dicho contador, una vez presentado se inició con su elaboración.

El contador fue colocado en un tablero de metal que tiene unas dimensiones de 95 cm de ancho por 90 cm de alto y 6.35 cm de profundidad. Cuenta con 13 displays de 8 cm de alto por 4 cm de ancho, para visualizar la cantidad de días sin accidentes, se usó una cifra de 5 dígitos por lo que se utilizaron la misma cantidad de displays y los otros 8 displays se utilizaron para visualizar la fecha del último accidente registrado, también se le coloco un modo configuración que se puede activar para poder editar la cifra y la fecha con dos botones.

Palabras clave—Contador digital, PIC, Arduino, Display.

Introducción

La creación de este proyecto nace de la necesidad de realizar un tablero digital para visualizar el conteo de los días seguros que se tiene registrado en la Gerencia Divisional de Distribución Centro Oriente en Puebla, para que en forma automática detecte que ha transcurrido un día y aumente el conteo. Cabe destacar que es una empresa de nivel mundial ya que a pesar del riesgo que conlleva su operación, cuenta con una gran cantidad de protocolos de seguridad y normas para que se garantice la seguridad y el bienestar de sus trabajadores, por ello, la CFE cuenta con un margen de accidentes mínimo en todas sus sucursales.

Metodología

Procedimiento

Para dar una propuesta de solución la cual se basó en crear, diseñar y programar un contador el cual se colocó en un tablero de metal con unas medidas de 90 cm de alto por 95 cm de ancho el cual tiene 13 displays de aproximada mente 8 cm de alto por 4 cm de ancho, con esto es posible que los displays sean visibles a una distancia considerable, los displays del tablero muestran una cantidad de 5 dígitos la cual representa los días sin accidentes que la Gerencia Divisional de Distribución Centro Oriente en Puebla tiene registrado y los otros 8 displays muestran la fecha del último accidente, estos valores pueden ser modificados con dos botones los cuales activan un modo configuración para poder editar las cantidades; El contador aumenta automáticamente la cantidad de días sin accidentes progresivamente a una hora específica. Cumpliendo una necesidad que de manda la empresa se le agrego al programa una función la cual el microcontrolador recuerda los valores en los que se encontraba ya que si se llega a sufrir una caída de energía en las instalaciones de la División el contador recuerda los valores que tenía antes de sufrir un corto de energía, de esta manera se satisface la necesidad presentada.

Selección del Controlador

El PIC que usamos es el 18f4550 el cual se encarga del control del contador mediante programación en lenguaje C *Pic18f4550*

Se escogió este PIC ya que cuenta con las características necesarias para el buen funcionamiento del tablero, cuenta con un módulo de interrupciones adecuado y con un numero de pines necesarios. Sus características son:

Microcontrolador con módulo USB especificación 2.0. Soporta Low speed 1.5Mb/s y full speed 12Mb/s. 32 endpoints (16 bidireccionales). 1kB de memoria de doble acceso para USB, hasta 35 pines I/O disponibles, Memoria de programa flash de 32 kB , RAM de 2048 Bytes ,EEPROM de datos de 256 Bytes, Oscilador externo hasta 48 MHz, Opciones de oscilador dual permiten que la velocidad de la CPU y del módulo USB sean diferentes, ADC de 10 bits y 13 canales, Tecnología nano Watt que brinda características y funciones de bajo consumo y ahorro de energía,

¹ MER. Juan Pedro Cervantes De La Rosa es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Puebla, México juan.cervantes@tpuebla.edu.mx

² José Lorenzo Muñoz Mata es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Puebla, México jose.muñoz@utpuebla.edu.mx

³ Lic. Mauro Huerta Rivera es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Puebla, México jmauro.huerta@utpuebla.edu.mx

⁴ Ing. Jesús García Gazca es egresado de la carrera de Ingeniería Energías Renovables de la Universidad Tecnológica de Puebla, México jesus.garcia.3216111907@utpuebla.edu.mx

Voltaje de operación 4.2V a 5.5V, 2 módulos de captura/comparación/PWM, 1 timer de 8 bits y 3 de 16 bits, EUSART, SPP, SPI, I²C. 20 fuentes de interrupciones, Resistencias de pull-ups en el puerto B programables, Power-up Timer y Oscillator Start-up Timer, Soporta 100,000 ciclos de borrado/escritura en memoria flash, Soporta 1,000,000 ciclos de borrado/escritura en memoria EEPROM, Retención de datos mayor a 40 años, Protección de código y datos programable, Encapsulado DIP de 40 pines.



Figura 1 PIC 18f4550

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción



Figura 2 Proteus

Creamos una simulación virtual en Proteus que nos ayudó a visualizar el circuito para realizar pruebas y evitar dañar dispositivos físicos.

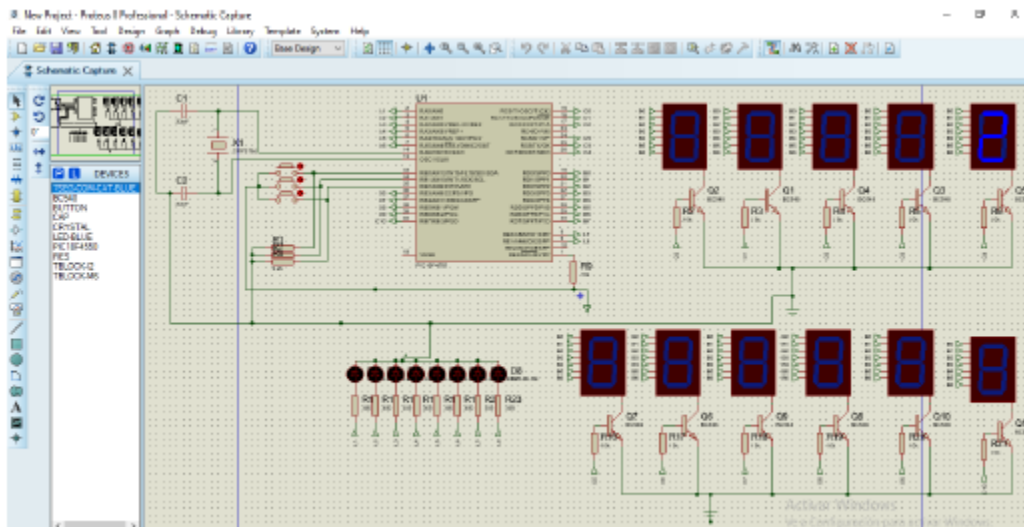
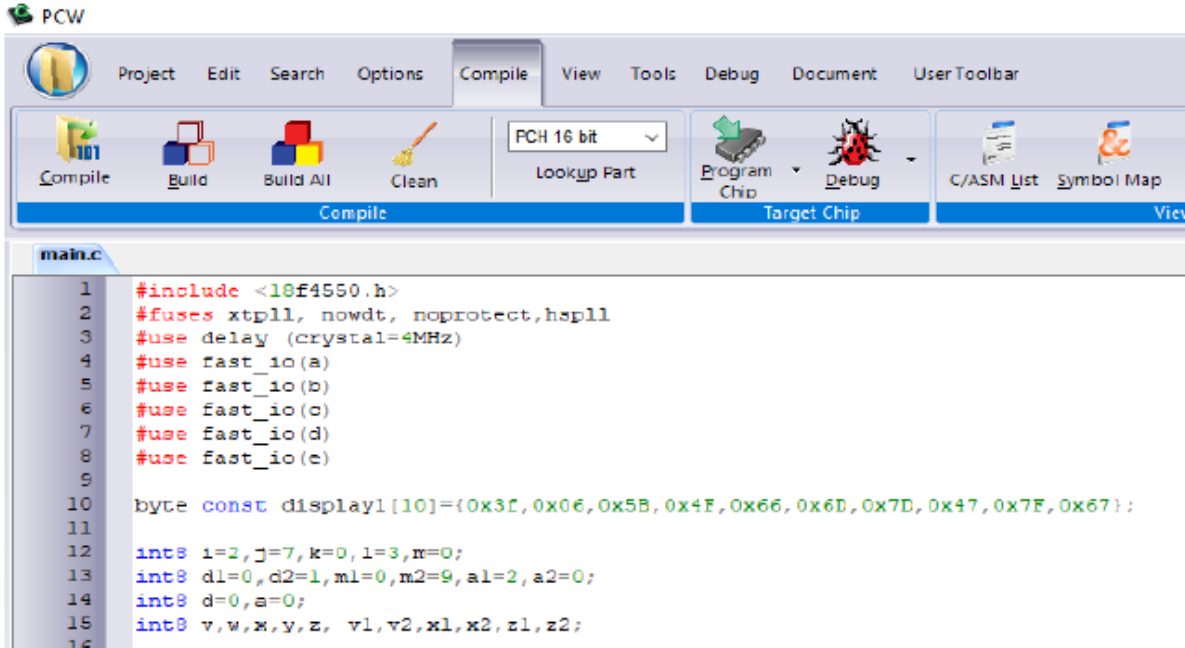


Figura 3 Circuito en Proteus

Posteriormente realizamos el código en PIC C Compiler es un inteligente y muy optimizado compilador C que contienen operadores estándar del lenguaje C y funciones incorporados en bibliotecas que son específicas a los

registros de PIC, proporcionando a los desarrolladores una herramienta poderosa para el acceso al hardware las funciones del dispositivo desde el nivel de lenguaje C.

Escribimos el código del funcionamiento de nuestro contador cuyo código fue el siguiente



```
1 #include <18f4550.h>
2 #fuses xtp11, nowdt, noprotect,hsp11
3 #use delay (crystal=4MHz)
4 #use fast_io(a)
5 #use fast_io(b)
6 #use fast_io(c)
7 #use fast_io(d)
8 #use fast_io(e)
9
10 byte const display1[10]={0x3f,0x06,0x5b,0x4f,0x66,0x6d,0x7d,0x47,0x7f,0x67};
11
12 int8 i=2,j=7,k=0,l=3,m=0;
13 int8 d1=0,d2=1,m1=0,m2=9,a1=2,a2=0;
14 int8 d=0,a=0;
15 int8 v,w,x,y,z, v1,v2,x1,x2,z1,z2;
```

Figura 4 Encabezado del programa

Diseño y creación del prototipo a escala

Una vez teniendo el programa creamos el circuito físico basado en la simulación creada en Proteus y simulamos su funcionamiento mediante una maqueta a escala, tomando en cuenta que todos los dispositivos funcionan a 5v.

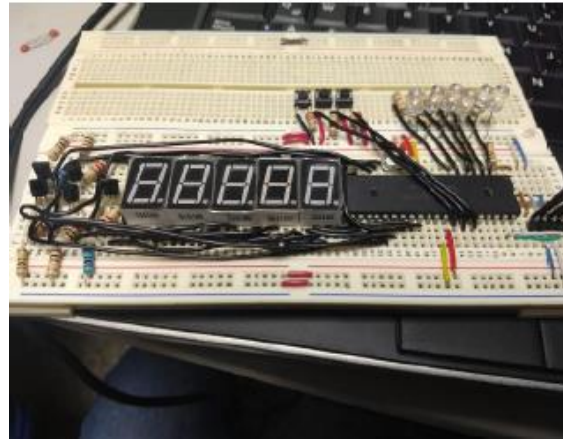


Figura 5 Prototipo

El contador tiene una grande cantidad de displays, por lo que el oscilador de nuestro PIC se encontraba funcionando a tope por la multiplexación, haciendo que nuestro circuito fuera ineficiente a la de crear el timer que contaría el tiempo de un día, por lo que se tomó la decisión de anexarle un generador de pulsos independiente, que se encargue de avisar cuando ha transcurrido un día, así el tiempo del pulso estará aislado de la multiplexación que se encuentra en el bucle infinito, para ello usamos un Arduino nano con su módulo de reloj en tiempo real ya que este módulo nos sirve para que nuestro conteo de día sea más preciso y seguro ya que tiene un mínimo margen de error, con este generador de pulsos el PIC solo está al pendiente de recibir un pulso para que aumente el conteo de los displays de la cantidad de días seguros, de esta manera nuestro control es más eficiente.

Se tomó la decisión de usar un Arduino para el generador de pulso ya que no necesitamos de un procesamiento de información potente, debido a que solo necesitamos que nos genere un pulso cada vez que trascurra un día, su módulo DS3231 nos servirá para que nuestro pulso sea muy preciso ya que ese modulo permite que nuestro Arduino nano cuente con exactitud cuándo ha trascurrido un día.

El DS3231 es un reloj en tiempo real de alta precisión que cuenta con un oscilador a cristal con compensación de temperatura (TCXO). La integración del oscilador a cristal en el propio circuito integrado, en conjunto con la compensación de temperatura, asegura la precisión a largo plazo.

El RTC mantiene registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año, la fecha es ajustada automáticamente a final de mes para meses con menos de 31 días, incluyendo las correcciones para año bisiesto.

El DS3231 es capaz de generar señales de reloj cuadradas de frecuencia configurable y además cuenta con 2 alarmas programables que pueden generar interrupciones en el microcontrolador principal en tiempos específicos



Figura 6 Contador Arduino Módulo DS3231

Diseño y creación del circuito de potencia

Estos módulos nos facilitaron la creación de los displays ya que necesitábamos displays de buen tamaño de más o menos 8 cm de alto por 4 de ancho, estos módulos funcionan con un voltaje de 12v y nuestro microcontrolador funciona con un voltaje de 5v por lo que se necesitó hacer un arreglo de potencia para poder controlar el voltaje de los módulos leds con el microcontrolador.

Teniendo el circuito terminado y funcionando de manera adecuada, se inició el diseño del circuito de potencia para el cual se usaron los transistores TIP127 y BC548 para poder controlar los 12v de los módulos leds ya que son los dispositivos más óptimos para esa función por la multiplexación

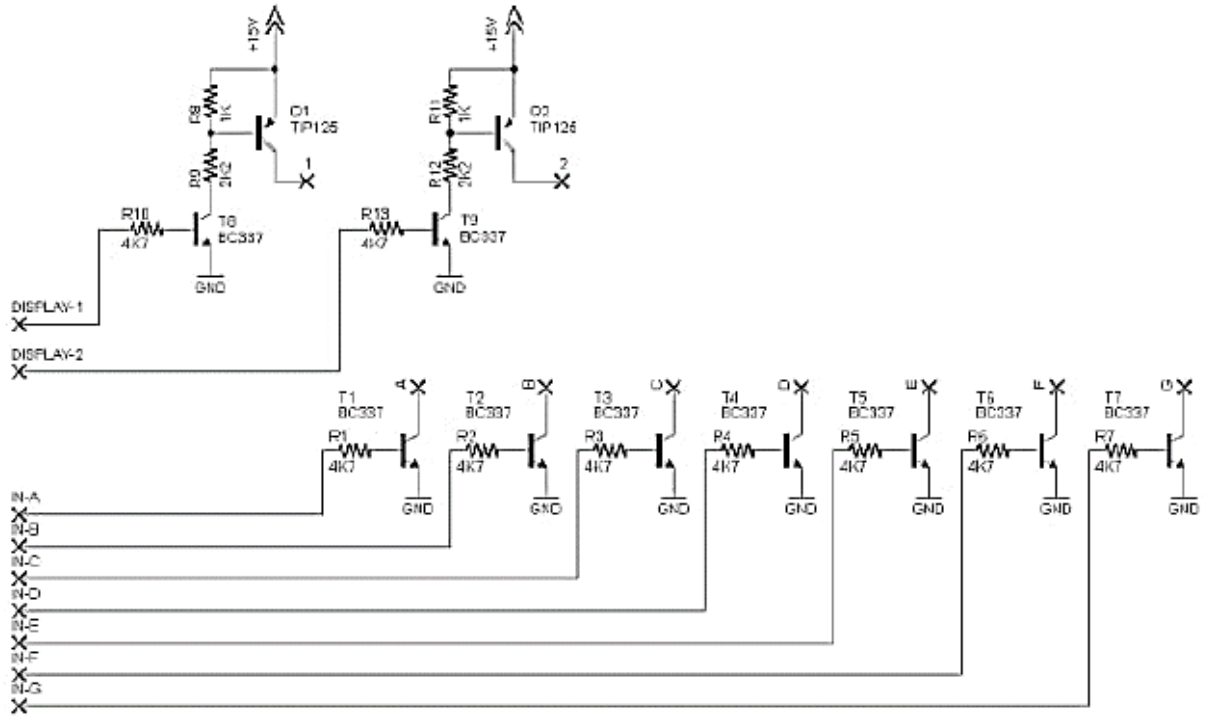


Figura 7 Circuito de Potencia

Resultados

Diseño de la placa de control en Proteus

Una vez teniendo el circuito terminado usamos la pestaña para crear PCBs, colocamos y acomodamos todos nuestros componentes de manera que no toquen las líneas de conexión obteniendo el diseño de nuestro circuito.

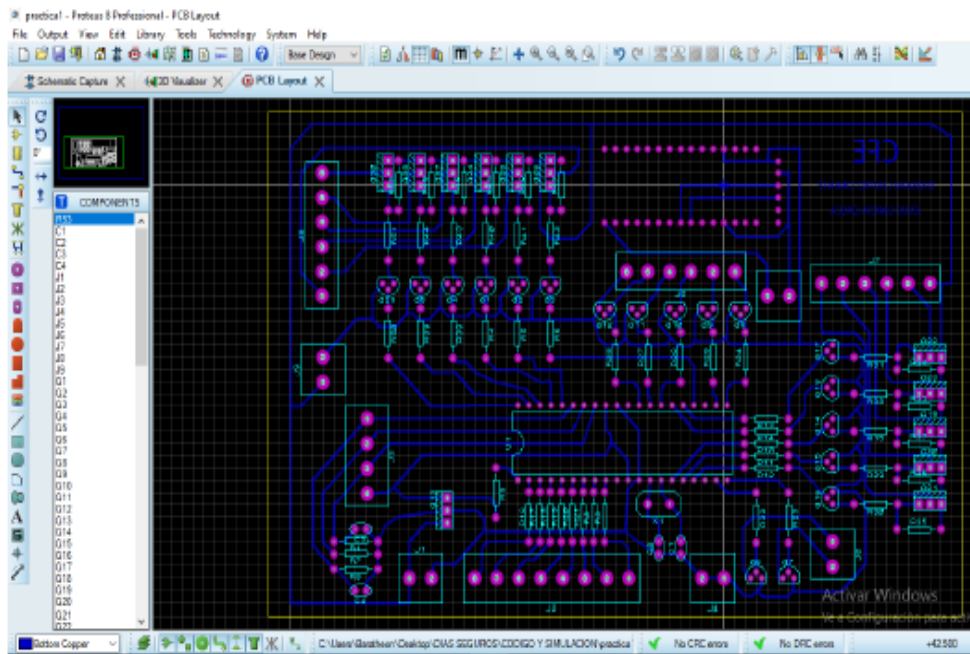


Figura 8 Diseño del circuito

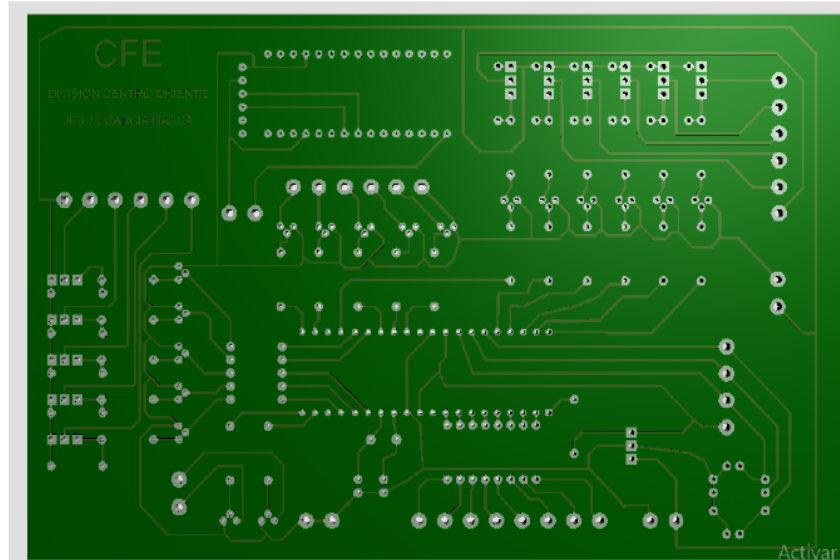


Figura 9 Vista inferior de placa

Elaboración de la placa física (Colocar y soldar componentes)

Para finalizar colocamos los componentes en la placa para poder soldarlos y con ayuda del multímetro verificando que cada uno de ellos haga contacto con el circuito.

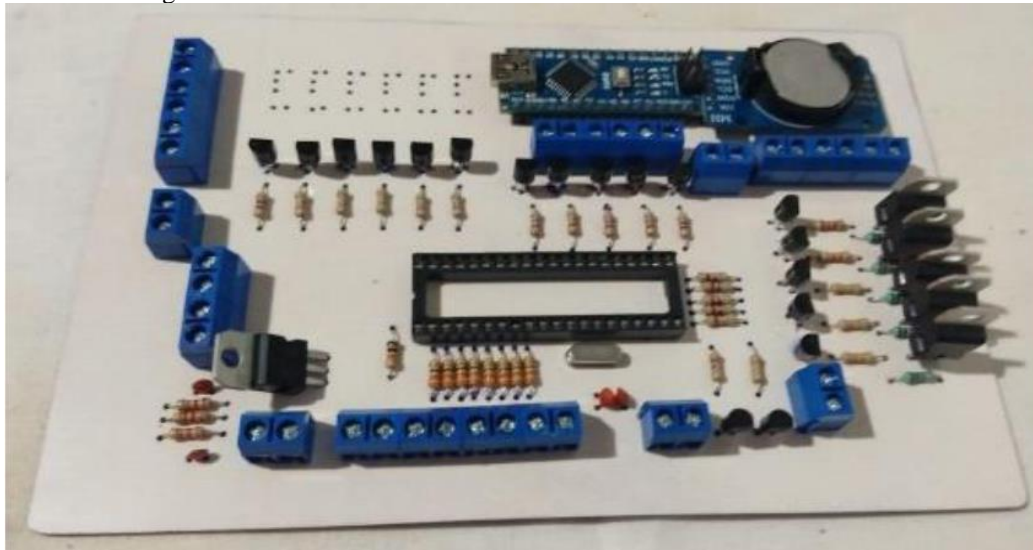


Figura 10 Placa con todos los elementos

Elaboración del gabinete

Una vez terminado el circuito y la tarjeta de control podemos iniciar con la elaboración de la estructura del tablero digital, usaremos placas de aluminio de 6.35 cm de ancho, este material fue elegido ya que nos ayudará a que la estructura de nuestro tablero no pese, nuestro tablero tendrá unas medidas de 90cm de alto por 95cm de ancho el cual está cubierto por atrás con acrílico negro opaco y por delante con acrílico el cual se polarizará para que solo permita ser visto los displays que se encuentran distribuidos en su interior al igual que la placa de control.



Figura 11 Marco del tablero

Elaboración y diseño de la etiqueta

Para la elaboración de la etiqueta que se colocara enfrente de tablero, que llevara los datos principales se hizo una imagen diseñada en Paint.

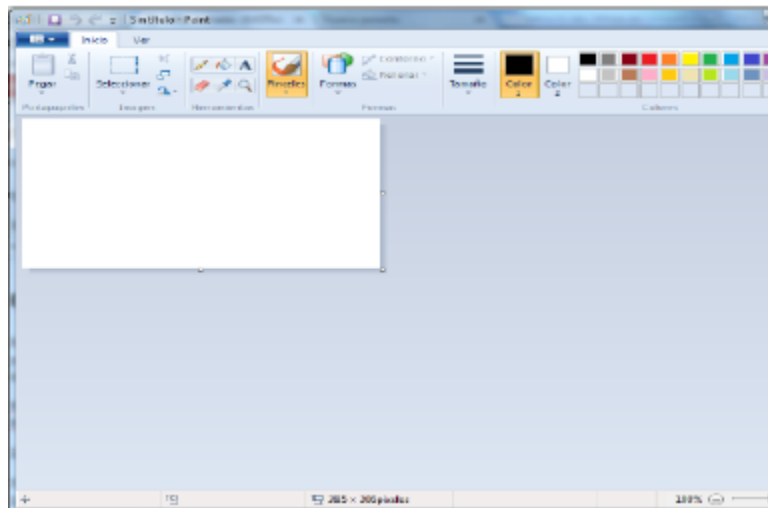


Figura 12 Programa Paint



Figura 13 Etiqueta principal del tablero

Colocación del tablero

Finalmente, y una vez que se finalizó con la elaboración del proyecto la empresa quedó satisfecha con los resultados obtenidos, el contador se colocó en la entrada trasera del estacionamiento de la División para que pueda ser apreciado por todo el personal que labora en la empresa.



Figura 14 Tablero fijado

Conclusiones

Se cumplió con el diseño y la elaboración del sistema de conteo digital de los días sin accidentes que se tiene registrado en una sucursal de la empresa, así como explicar el proceso que se tuvo que hacer para su elaboración, como definir los pasos que se tuvieron que llevar a cabo, el material que se utilizó para el control y su construcción.

Lo cual contará los días sin accidentes que se tienen registrados en las instalaciones de la Gerencia Divisional de Distribución Centro Oriente en Puebla. Para visualizar el número de días seguros en forma digital y ese proceso sea automatizado

Referencias

- Rossano, V. (Ed). (2013). *Proteuss VSM* Buenos Aires Argentina. 1a Edición Editorial Manuales USER. ISBN 978-987-1857-72-2
- García, B, E. (Ed). (2008). *Compilador C CSS y simulador PROTEUSS para microcontroladores*. 1ª. Edición Barcelona, España. Editorial Marcombo. USER 978-84-267-1495-4
- <https://electronicalugo.com/conceptos-basicos-tipos-y-aplicaciones-de-microcontroladores/>
- <https://www.digikey.com.mx/es/product-highlight/m/microchip-technology/8-bit-pic-microcontroller-family>
- <https://www.electronicoscaldas.com/es/microcontroladores-pic/32-microcontrolador-pic-18f4550-usb.html>
- <http://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>
- <http://aprendiendoelectronicafacil.blogspot.com/p/ccs-compiler-v.html>
- <https://naylorlampmechatronics.com/programadores/54-pickit-2-clone.html>
- https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml_get_6926ce5d-4b51-11e1-80fc-ed15e3c494af/index.html

Análisis Químico Proximal de Quesos Tipo Panela Elaborados con Leche Bovina Adicionados con Fibra de Avena (*Avena sativa*)

P.I.A Emily Cruz Cadena¹, Dra. Aurora Quintero Lira^{*2}
Dr. Javier Piloni Martini³, Dr. Cesar Uriel López Palestina⁴,
M.A. María Fernanda Ríos Pérez⁵

Resumen— En la industria láctea el queso panela es de los más consumidos a nivel nacional, debido a que aporta nutrientes, por otro lado se ha demostrado que el consumo de avena tiene beneficios a la salud como es el aporte de fibra, vitaminas y minerales. De este modo se mejoraron algunas de las características químico proximales de los quesos tipo panela con la adición de fibra de avena, así como el rendimiento de producción. Se elaboraron quesos tipo panela a los cuales se les adicionó fibra de avena en diferentes concentraciones (1%, 2% y 3%) para evaluar sus características químico-proximales y el rendimiento. Los resultados muestran que la adición de fibra de avena no modifica el porcentaje de humedad, acidez, cenizas y proteína, ya que las muestras no presentaron diferencias significativas. Se observó que el porcentaje de grasa fue menor en T2 (17%) y T3 (14%), las muestras con mayor porcentaje de fibra fueron T2 (1.31%) y T3 (3.09%). El mismo comportamiento fue para los resultados obtenidos en el rendimiento con un promedio de 20 y 19% respectivamente. Se concluye que la adición de fibra de avena disminuye el % de grasa en los quesos, aumenta el rendimiento lo que es muy importante en las industrias queseras y le proporciona un valor agregado con la presencia de la fibra ya que el queso por naturaleza no contiene fibra, por lo que será una alternativa para el uso de este producto alimentario.

Palabras clave— queso, fibra de avena, leche.

Introducción

A nivel nacional la producción de queso fresco tipo panela presenta en los últimos años un incremento, en 2019 la producción nacional alcanzó 52 mil toneladas (INEGI, 2019). Este producto presenta diversas características como un alto contenido de humedad además de calcio, proteínas y lípidos (Sánchez Salinas et al., 2020). Sin embargo, el queso no contiene fibra así que la adición de fibra de avena le dará este componente tan importante ya que según Gómez Carus et al (2017) la avena disminuye el riesgo de padecer enfermedades crónicas, algunas de las patologías en las que la avena puede ayudar en las siguientes enfermedades: diabetes, obesidad, enfermedades cardiovasculares, cáncer y enfermedad celiaca. Siendo que la diabetes es un problema de salud que afecta enormemente a nuestro país que se estima que para el año 2025 ocupe el séptimo lugar a nivel mundial, la idea de mejorar este producto lácteo supone una alternativa más saludable. Además del beneficio nutricional que la fibra de avena aportaría al queso también mejoraría sus características tecnológicas debido a que aumentaría su rendimiento reduciendo la sinéresis del queso (Gutiérrez Ortega, 2011). En base a lo anterior se planteó el siguiente objetivo de investigación: Realizar un análisis químico proximal a quesos tipo panela elaborados con leche bovina adicionados con fibra de avena (*Avena sativa*).

Metodología

Muestra

La fibra de avena fue adquirida en “La Molienda” ubicada en Pachuca de Soto, Hidalgo. Este producto contiene principalmente fibra de avena y un bajo contenido en carbohidratos, además de que se encuentra libre de conservadores.

Elaboración de quesos panela

En la tabla 1 se muestran las cuatro formulaciones empleadas para la elaboración de los quesos tipo panela con la siguiente terminología C: Control y T: Tratamiento. La materia prima usada en el proceso de fabricación fue leche

¹ P.D.I.A Emily Cruz Cadena es estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo cr419823@uaeh.edu.mx

² * Dra. Aurora Quintero Lira es profesora investigadora del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo aurora_quintero1489@uaeh.edu.mx (autor corresponsal)

³ Dr. Javier Piloni Martini es profesor investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo javier_piloni7632@uaeh.edu.mx

⁴ Dr. Cesar Uriel López Palestina es profesor investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias del Estado de Hidalgo cesar_lopez@uaeh.edu.mx

⁵ M.A. María Fernanda Ríos Pérez es estudiante de doctorado de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo ri171484@uaeh.edu.mx

bovina de raza Holstein y fibra de avena (*Avena sativa*). Se realizaron formulaciones previas basadas en ensayos de laboratorio para determinar la cantidad de fibra de avena a utilizar en cada tratamiento.

Tabla 1. Formulaciones de queso panela con adición de fibra de avena (*Avena sativa*)

Tratamientos	% Fibra de avena
C (Control)	0
T1	1
T2	2
T3	3

Los quesos tipo panela fueron elaborados con leche bovina de la raza Holstein adquirida de la empresa Prounilac ubicada en el Instituto de ciencias agropecuarias en Tulancingo de Bravo, Hidalgo. La elaboración de quesos panela se realizaron en base a la técnica (FPS, 2014). La leche fue analizada en el Lactoscan marca D-Lactoscan Type MCC, la leche se pasteurizó la leche a una temperatura de 60°C por 30 minutos, luego se bajó a 34 °C para adicionar el cloruro de calcio (20g/100L de leche) y la fibra de avena en diferentes concentraciones para cada tratamiento (T1:1%, T2:2% y T3:3%). Posteriormente se agitó para evitar que la fibra se precipitara, después de que la mezcla adquirió una consistencia homogénea se añadió cuajo (quimosina) en una proporción de 10mL/100L de leche. Se dejó reposar hasta que ocurriera el proceso de coagulación. La cuajada fue cortada con liras de acero inoxidable para la obtención de cubos de aproximadamente 1cm x 1cm. Se procedió a su desuerado parcial y se añadió NaCl en una proporción de (600gr/100L de leche), finalmente el queso se moldeó, preno y se pesó, para finalmente ser empacado. En total resultaron 20 quesos 5 por cada tratamiento.

Análisis de la leche

El análisis de la leche se llevó a cabo por medio de un D-Lactoscan Type MCC, se determinaron los parámetros de grasa, densidad, sólidos no grasos, proteína, agua añadida y lactosa. El Lactoscan es un instrumento destinado a la determinación de importantes parámetros de calidad en distintos tipos de leche y derivados (Auxilab, 2021).

Análisis químico-proximal y fisicoquímico de quesos tipo panela con adición de fibra de avena (Avena Sativa) Se realizó un análisis químico-proximal de los quesos tipo panela para conocer cuales características se veían modificadas con la adición de fibra de avena. El primer análisis que se realizó fue humedad de acuerdo al método por estufa de aire donde se colocaron las muestras en un horno de secado durante 4 h a 105°C hasta que las muestras estuvieran a peso constante (AOAC, 1997); Oficial Method 925.09. La determinación de proteína se hizo en base al método micro Kjeldahl (AOAC; 1997) Oficial Method 920.123, para ello se pesaron 0.5g de muestra en un papel libre de nitrógeno, se pasó la muestra a un matraz kjeldahl al cual se le añadieron 15mL de ácido sulfúrico concentrado, después se dejó en el digestor kjeldahl hasta que el nitrógeno orgánico se convirtiera en ión amonio y finalmente se hizo la destilación y titulación con una solución de ácido sulfúrico 0.1N. La determinación de cenizas se realizó por el método (AOAC, 1997) Oficial Method 923.03 que consiste en la calcinación de las muestras, se colocaron en un crisol, se carbonizaron y finalmente se incineraron en la mufla a 550°C hasta que las cenizas tuvieron un color grisáceo. Para medir el porcentaje de grasa se empleó el método Gerber (AOAC, 1997); Oficial Method 18, para ello se molió una muestra de queso, y se colocó en el butiroméetro al cual se le agregó ácido sulfúrico con una densidad de 1.522g/mL, posteriormente se dejó en baño María hasta su total digestión y se añadió alcohol isoamílico y ácido sulfúrico hasta cubrir el 30% de la escala del butiroméetro, se centrifugó durante 10 minutos, se dejó en baño María nuevamente durante 5 min y se tomó lectura. La determinación de fibra se realizó en base a (AOAC, 2010) Official Method; 962.09 en el cual la muestra debe estar previamente desengrasada y se sometió a digestión por 30 minutos con una solución de 200 mL de H₂SO₄ al 0.255N para su posterior lavado y filtrado hasta pH neutro con agua caliente y finalmente se neutralizó con una solución de 200 mL de NaOH al 0.313N. El análisis de pH y acidez se realizó en base al método propuesto por (Wehr & Frank, 2004) con un potenciómetro, se tomaron 9 g de muestra de cada tratamiento y se diluyeron en 18 mL de agua destilada, se mezcló la muestra y se tomó lectura. Para la determinación de acidez se tomaron 9 g de muestra posteriormente se colocaron en un matraz Erlenmeyer con 18 mL de agua y 0.5 mL de fenolftaleína como indicador, finalmente se tituló con una solución 0.1N de NaOH.

Análisis del suero

La determinación del análisis de los sueros obtenidos de los diferentes quesos elaborados con los tres tratamientos y el control se siguió la misma metodología que se realizó con la leche bovina.

Determinación del rendimiento quesero

En la industria quesera el rendimiento es el parámetro estequiométrico mas importante y corresponde a la expresión matemática de la cantidad de queso que se obtiene a partir de una cierta cantidad de leche (Dalla Costa, 2015). Para determinar el rendimiento se tomó como referencia la siguiente fórmula utilizada por Rodríguez Melis & Ríos Rodríguez (2013).

$$R = \frac{kg \text{ queso}}{kg \text{ leche}} \cdot 100$$

Análisis estadístico de resultados

Los datos experimentales fueron analizados mediante un análisis estadístico (ANOVA), por medio del método Tukey que mostró las diferencias entre cada tratamiento donde se empleó un nivel de significancia de ($p < 0.05$). El análisis se realizó con el software SPSSV26.

Resultados

Comentarios finales

Resumen de resultados

En la Tabla 2 se observa la composición de la fibra de avena (*Avena Sativa*) que marca la etiqueta del producto. Se puede observar que el mayor contenido que tiene son los carbohidratos y la fibra dietética, estas cantidades están en una proporción de 4 gramos.

Tabla 2. Contenido nutrimental de la fibra de avena (*Avena sativa*) marca “La Molienda”

Por cada 4g	
Proteína	0g
Grasas	0g
Colesterol	0mg
Carbohidratos	4g
Fibra dietética	3g
Sodio	0g
Hierro	0.2mg
Potasio	15mg
Calcio	2mg

En la tabla 3 se pueden observar los resultados del análisis de la leche la cual tiene una densidad de 1030g/L, grasa 3.99%, sólidos no grasos 9.18%, proteína 3.32% y lactosa con 4.87%. Todos los parámetros se encuentran dentro de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 para la elaboración de quesos.

Tabla 3. Análisis de la leche utilizada para la elaboración de quesos tipo panela

Grasa	3.99%
Densidad	1030.16 g/L
Sólidos no grasos	9.18%
Proteína	3.32%
Lactosa	4.87%

En la tabla 4 se pueden apreciar los resultados obtenidos de humedad, acidez titulable, pH, cenizas, fibra y proteína. Para los resultados de humedad, cenizas, proteína y acidez no se observaron diferencias significativas de todos los tratamientos con respecto al control ($p < 0.05$), mientras que para fibra se puede observar que el control no contiene

este componente (0 %) y al adicionarle la fibra de avena en los diferentes tratamientos va aumentando el porcentaje de acuerdo a la adición (T1 0.26 %; T2 1.31 % y T3 3.09 %) esto concuerda con Gutiérrez Ortega (2011) ya que ellos obtuvieron valores similares en la adición de fibra. Según Hui Gao *et al* (2022) el consumo de fibra de avena mitiga el desarrollo de la aterosclerosis, impide la inflamación intestinal y regula la barrera de la mucosa del intestino. En cuanto al pH se observó que T1, T2 y T3 mostraron valores similares (6.27-6.60) y presentan diferencias significativas con respecto al control (5.74). En base a la investigación de Ramírez López *et al* (2012) el valor ideal de pH de un queso panela oscila entre los 5.6 y 6.4 valores similares a los de este trabajo.

Tabla 4. Análisis químico proximal de los quesos tipo panela elaborados con diferentes concentraciones de fibra de avena (*Avena Sativa*)

	Tratamientos			
	C	T1	T2	T3
Humedad	57.55±1.29 ^a	59.05.76±0.82 ^a	57.95±1.38 ^a	58.75±0.67 ^a
Cenizas	1.91±0.01 ^a	1.93±0.12 ^a	2.14±0.00 ^a	1.95±0.28 ^a
Fibra	0.00±0.00 ^c	0.26±0.10 ^c	1.31±0.24 ^b	3.09±0.53 ^a
Proteína	17.92±0.36 ^a	18.00±0.25 ^a	18.17±0.51 ^a	17.82±0.10 ^a
Acidez	4.95±0.13 ^a	4.43±1.10 ^a	4.65±0.00 ^a	3.84±0.68 ^a
pH	5.74±0.30 ^b	6.27±0.16 ^a	6.62±0.07 ^a	6.60±0.17 ^a

C: Control: Queso sin adición de fibra de avena, T1: Tratamiento 1, queso panela con 1% de fibra de avena, T2: Tratamiento 2, queso panela con 2% de fibra de avena, T3: Tratamiento 3, queso panela con 3% de fibra de avena. ^{abc} Literales que indican diferencias significativas entre las muestras con p<0.05

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de grasa de los quesos elaborados con los diferentes tratamientos y se puede observar que a mayor adición de fibra de avena disminuye la concentración de grasa, los valores para el control y el T1 no presentan diferencias significativas con un 18 % y 17.5 % respectivamente. Mientras que para el T2 y T3 si presentan diferencias significativas (p<0.05) con respecto al control (17 y 14%). Sin embargo, los resultados son diferentes a lo reportado por Gutiérrez Ortega (2011), esto puede deberse a la época del año, alimentación, raza y condiciones ambientales.

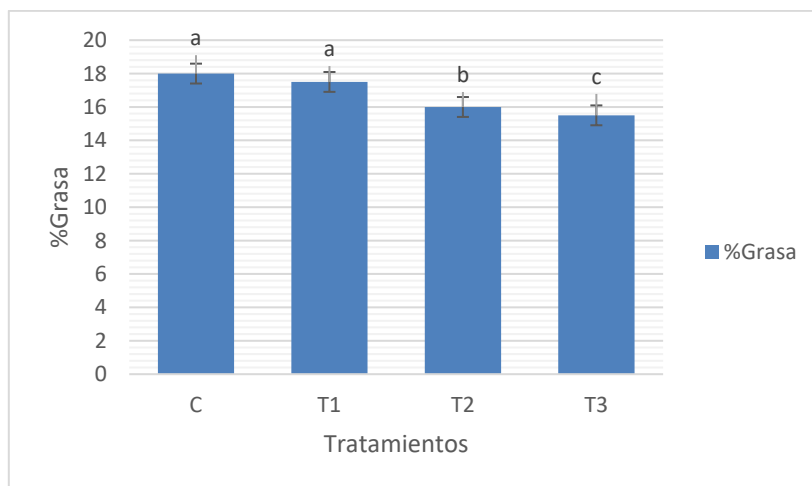


Figura 1. Porcentaje de grasa en los diferentes tratamientos de queso panela con diferentes concentraciones de fibra de avena (*Avena Sativa*)

C: Control: Queso sin adición de fibra de avena, T1: Tratamiento 1, queso panela con 1% de fibra de avena, T2: Tratamiento 2, queso panela con 2% de fibra de avena, T3: Tratamiento 3, queso panela con 3% de fibra de avena. ^{abc} Literales que indican diferencias significativas entre las muestras con p<0.05

El suero es aquella porción de la leche que resulta de la sinéresis del queso. También se puede describir por los componentes de la fracción no caseica y desgrasada que se separa espontáneamente de la cuajada o por presión (Guerrero Haber *et al.*, 2011). El análisis de suero demostró que el porcentaje de grasa muestra diferencias significativas de los tratamientos con el control (C 0.23 %, T1 0.97 %, T2 0.67 % y T3 0.66 %), esto puede tener un beneficio para la salud ya que se elimina mayor concentración de grasa en el suero en los diferentes tratamientos, a diferencia del control. La densidad de T1 muestra diferencias significativas con respecto al control, mientras T2 y T3

no muestran diferencias significativas. Este mismo comportamiento se observa para los parámetros de sólidos no grasos, proteína y lactosa. Esto se puede deber que la adición de fibra de avena no interfiere en los resultados de los parámetros mencionados.

Tabla 5. Parámetros Físico-químicos del suero de los quesos elaborados con fibra de avena (*Avena Sativa*)

Parámetro	Tratamientos			
	C	T1	T2	T3
Grasa	0.23±0.00 ^c	0.97±0.04 ^a	0.67±0.01 ^b	0.66±0.01 ^b
Densidad	1023.79±0.00 ^a	1022.64±0.28 ^b	1023.51±0.18 ^a	1023.63±0.17 ^a
Sólidos no grasos	6.46±0.00 ^a	6.27±0.07 ^b	6.46±0.05 ^a	6.49±0.04 ^a
Proteína	2.45±0.00 ^a	2.30±0.03 ^b	2.41±0.02 ^a	2.42±0.01 ^a
Lactosa	3.26±0.00 ^a	3.13±0.03 ^b	3.24±0.02 ^a	3.25±0.02 ^a

C: Control: Queso sin adición de fibra de avena, T1: Tratamiento 1, queso panela con 1% de fibra de avena, T2: Tratamiento 2, queso panela con 2% de fibra de avena, T3: Tratamiento 3, queso panela con 3% de fibra de avena. ^{abc} Literales que indican diferencias significativas entre las muestras con p<0.05

En la tabla 6 se muestran los rendimientos de los quesos tipo panela, se observa que con la adición de fibra de avena el rendimiento aumenta ya que se observa que a diferencia del control el T2 obtuvo el mayor rendimiento con 20.68% al día 0 de su elaboración y 19.46% a las 24 horas, sin embargo, en T1 y T3 su rendimiento fue menor respecto a T2, mientras que para el T1 el rendimiento fue menor al control a 0 y 24 horas (15.53 y 15.09%) el aumento de rendimiento se debe a la capacidad que tiene la fibra de avena para retener agua y también debido a que reduce la pérdida de suero reduciendo la sinéresis del queso (Sánchez Prado, 2008).

Tabla 6. Rendimiento de los quesos panela elaborados con diferentes concentraciones de fibra de avena (*Avena Sativa*) al tiempo 0 y 24h.

	Tratamientos			
	C	T1	T2	T3
Rendimiento tiempo 0	17.13±2.19 ^{bc}	15.53±0.66 ^c	20.68±0.75 ^a	18.69±0.24 ^{ab}
Rendimiento 24h	17.04±2.15 ^a	15.09±0.80 ^{ab}	19.46±7.20 ^a	17.91±0.55 ^a

C: Control: Queso sin adición de fibra de avena, T1: Tratamiento 1, queso panela con 1% de fibra de avena, T2: Tratamiento 2, queso panela con 2% de fibra de avena, T3: Tratamiento 3, queso panela con 3% de fibra de avena. ^{abc} Literales que indican diferencias significativas entre las muestras con p<0.05

Conclusiones

Los resultados de esta investigación demuestran que la adición de fibra de avena (*Avena sativa*) en queso tipo panela es una forma efectiva de reducir su contenido de grasa y aumentar su contenido de fibra, sin afectar su humedad, cenizas y proteína. Además el aumento del rendimiento es un beneficio importante para la industria, en general la inclusión de fibra de avena es una alternativa saludable y rentable para mejorar la calidad nutricional del queso panela, esto puede beneficiar a industrias y pequeños productores dando valor agregado al producto.

Referencias

- AOAC. (1997). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 18.
- AOAC. (1997). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 920.123.
- AOAC. (1997). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 923.03.
- AOAC. (1997). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 925.09.
- AOAC. (2010). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 962.09.
- Auxilab. (2021). Obtenido de <https://www.auxilab.es/es/noticias/159/Lactoscan%2C-analizador-de-leche-y-derivados/>
- Dalla Costa, C. A. (2015). Rendimiento Quesero Teórico y Real de la Leche de la Cuenca de Villa María Cordoba. Obtenido de http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/665/1/TM_DallaCosta_Cesar.pdf
- FPS. (6 de Mayo de 2014). *Fundación Produce Sinaloa*. Obtenido de Tecnología para Elaborar Queso Panela: <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/1526-tecnologia-para-elaborar-queso-panela>
- Gómez Carus, A., Ceballos Walls, I., Ruíz Moreno, E., Rodríguez Alonso, P., Valero Gaspar, T., Ávila Torres, J. M., & Varela Moreiras, G. (2017). *Datos Actuales sobre las Propiedades Nutricionales de la Avena*. Fundación Española de la Nutrición. Obtenido de

- https://www.fen.org.es/storage/app/media/PUBLICACIONES%202017/INFORME%20AVENA_FEN_v2_2017__AvenaFEN2017_0k%201.pdf
- Guerrero Haber, J. R., Ramírez Perú, A. L., & Puente Vidal, W. (Diciembre de 2011). Caracterización del Suero de Queso Blanco del Combinado Lácteo Santiago. *Scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000300006#:~:text=El%20suero%20es%20aquella%20porci%C3%B3n,la%20cuajada%20o%20por%20presi%C3%B3n.
- Gutiérrez Ortega, A. B. (Enero de 2011). Efecto de la Adición de Fibra de Avena en Queso Tipo Panela. México. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9507/26.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hui, G., Rui-Juan, S., Hui, J., Weiguo, Z., & Shu-Fen, H. (2022). Oat Fiber Supplementon Alleviates Intestina Inflammation and Ameliorates Intestinal Mucosal Barrier Via Acting on Gut Microbiota-derived Metabolites LDLR Mice. *ScienceDirect*, 95. Obtenido de www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0899900721004202
- INEGI. (2019). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México en Cifras: Banco de Información Económica (BIE)*. Recuperado el Junio de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0#divFV644629>.
- NMX-F-700-COFOCALEC. (2004). *Sistema producto leche-alimento-lácteo-leche cruda de vaca-especificaciones fisicoquímicas-sanitarias y métodos de prueba*.
- Ramírez López, C., & Vélez Ruíz, J. F. (Enero de 2012). Research Gate. *Quesos Frescos y Propiedades, Métodos de Determinación y Factores que Afectan su Calidad*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303959697_Quesos_frescos_propiedades_metodos_de_determinacion_y_factores_que_afectan_su_calidad
- Rodríguez Melis, A., & Ríos Rodríguez, C. (2013). Evaluación del Rendimiento Quesero Práctico y su Correlación con Ecuaciones Predictivas de Rendimiento Teórico, en la Producción de Queso Gauda Elaborado a partir de Leche con y sin Adición de Retentado Proveniente de la Ultrafiltración de Leche. Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/174043/Evaluacion-del-rendimiento-quesero-practico-y-su-correlacion-con-ecuaciones-predictivas-de-rendimiento-teorico-en-la-produccion-de-queso.pdf>
- Sánchez Prado, M. E. (2008). Aprovechamiento de las Propiedades Funcionales de la Fibra Soluble de Avena en Diferentes Sistemas Alimenticios. Obtenido de http://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20080047_6359.pdf
- Sánchez Salinas, A., Guerrero Ponce, S., Reyes Castillo, D., Hernández Galindo, H., Alanis García, E., & Ramirez Moreno, E. (2020). Evaluación de la Información Nutricional de Quesos Tipo Panela. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/4921/7206/>
- Wehr, H., & Frank, J. (2004). *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. (A. Press, Ed.)

Application of the Yoshitake Fatigue Questionnaire in Assistant Teachers

Diego Estrada Ruiz M.I.I.¹, Eugenia Guadalupe Rosas M.I.I.²,
Diego Francisco Estrada Rosas M.I.I.³, María Graciela Estrada Rosas M.I.⁴,
César Eduardo López Vega M.I.⁵

Summary—Ergonomics is one of the specialties of occupational risk prevention (with Occupational Safety, Industrial Hygiene and Occupational Medicine) and tries to adapt machines, tools and jobs to the attitudes and abilities of the employee. It is an interdisciplinary science where different branches intervene such as: physiology, psychology, anatomy, engineering, or architecture. It is the definition of comfort, efficiency, productivity, and adequacy of an object, from the perspective of the user. The study was applied to 4 assistant teachers, each one answering a questionnaire per week for a month, that is, the information was collected from 16 questionnaires answered. The results showed that there is considerable fatigue in the 4 assistant teachers studied during the investigation, one can easily analyze the data and recognize the increase in symptoms and discomfort as the workday progresses daily, as well as the results at the end the week.

Key Words—Fatigue, Yoshitake questionnaire, assistant teachers.

Introduction

Ergonomics is one of the specialties of occupational risk prevention (with Occupational Safety, Industrial Hygiene and Occupational Medicine) and tries to adapt machines, tools and jobs to the attitudes and abilities of the employee. It is an interdisciplinary science where different branches intervene such as: physiology, psychology, anatomy, engineering, or architecture. It is the definition of comfort, efficiency, productivity, and adequacy of an object, from the perspective of the user.

The ergonomic approach in the educational sector is to design the products and jobs in a way that adapts them to people (students and teachers) and not the other way around. It can be thought that people who work within this sector day by day, do not suffer from fatigue or discomfort, since it is not considered heavy work, however, it is important to demonstrate that this is incorrect and highlight all the factors that matter and must be taken into consideration to reduce the rates of fatigue and discomfort presented by both teachers and students during the day.

On this occasion the fatigue results of the assistant teachers will be analyzed. The assistant teachers are responsible for providing extra attention to the students, this in case the head teacher cannot because of the time or number of students, make the extra material necessary to complement the classes, as well as take care of the students during their recess and departure time.

Objective

To determine the amount of Fatigue Complaints (FQF) presented by the assistant teachers through the application of the Yoshitake questionnaire.

1. To identify the most tired days for assistant teachers.
2. To recommend solutions to reduce the fatigue rate of assistant teachers.

Delimitation

The study focuses only on 4 assistant teachers from a private English school. More accurate results could be obtained if the fatigue questionnaire was applied to all teachers of that school, even more extensive research could be carried out and with more stable results if the research was not only carried out in one school and developed in different

¹ M.I.I. Diego Estrada Ruiz is a full-time Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). diego.er@mochis.tecnm.mx (corresponding author)

² M.I.I. Eugenia Guadalupe Rosas is a full-time Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). eugenia.r@mochis.tecnm.mx

³ M.I.I. Diego Francisco Estrada Rosas is an Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). diego.er1@mochis.tecnm.mx

⁴ M.I. María Graciela Estrada Rosas is an Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). gracielaestrada14@gmail.com

⁵ M.I. César Eduardo López Vega is a Business Management teacher at Universidad Autónoma de Durango (UAD). cesare.lopez.vega@gmail.com

English schools in Los Mochis, as well as for longer periods. Although it is known that this would be the best way to obtain results, there is no time or platform to follow these instructions.

Methodology

The test that was used to measure subjective symptoms of fatigue was Yoshitake, which is a questionnaire that measures the types and magnitudes of fatigue that workers present. It addresses three dimensions of the subjective perception of work fatigue by asking 10 questions for the mental requirement at work, 10 for the physical manifestations of fatigue and finally 10 items inquiring about mixed symptoms. The questions are designed in such a way that they require a dichotomous answer (YES / NO).

The study was applied to 4 assistant teachers, each one answering a questionnaire per week for a month, that is, the information was collected from 16 questionnaires answered.

Results

The research analyzed the results of 4 assistant teachers, who teach Monday through Friday from 3 to 7 pm in the afternoon (S = Start; E = Exit).

ASSISTANT TEACHER 1	WEEK 1		WEEK 2		WEEK 3		WEEK 4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
Symptom A	19	22	25	30	26	32	31	38
Symptom B	25	34	40	44	42	45	47	50
Symptom C	3	5	4	7	6	10	11	15
Total Positive Answers	47	61	69	81	74	87	89	103

Table 1. Results from Assistant Teacher #1.

ASSISTANT TEACHER 2	WEEK 1		WEEK 2		WEEK 3		WEEK 4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
Symptom A	17	18	19	21	22	24	28	32
Symptom B	15	15	18	20	21	25	27	31
Symptom C	19	19	19	21	22	27	26	34
Total Positive Answers	51	52	56	62	65	76	81	97

Table 2. Results from Assistant Teacher #2.

ASSISTANT TEACHER 3	WEEK 1		WEEK 2		WEEK 3		WEEK 4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
Symptom A	18	20	20	23	24	28	30	35
Symptom B	28	29	30	31	33	35	38	40
Symptom C	17	18	20	22	22	28	29	33
Total Positive Answers	63	67	70	76	79	91	97	108

Table 3. Results from Assistant Teacher #3.

ASSISTANT TEACHER 4	WEEK 1		WEEK 2		WEEK 3		WEEK 4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
Symptom A	15	18	18	21	22	25	30	34
Symptom B	17	20	20	23	23	28	28	32

Symptom C	20	23	22	25	27	31	31	38
Total Positive Answers	52	61	60	69	72	84	89	104

Table 4. Results from Assistant Teacher #4.

Conclusions

The results demonstrated that there is a considerable fatigue index in the 4 assistant teachers studied during the investigation, one can easily analyze the data and recognize the increase in symptoms and discomfort as the workday progresses daily, as well as the results at the end the week, and finally in the data reflected at the end of the month.

Recommendations

It is highly recommended that the assistant teachers do not spend the working day in the same room so that they change their environment and do not become tired of staying in the same place during the 4-hour shift. 10-minute breaks between each class are also recommended so that the symptoms of drowsiness and monotony are reduced during the day.

References

- Arellano Valle, J. R., Estrada Rosas, D. F., Estrada Ruiz, D., Ramírez Leyva, A. & Rosas, E. G. (2012). *Determination of frequency of complaint of fatigue and analysis of subjective symptoms of fatigue presented in footwear cleaners in downtown Los Mochis, Sinaloa*. México: Ergonomía Ocupacional: Investigaciones y Aplicaciones Vol. 5. Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMAM) ISBN 978-0-578-10583-3
- Dagnino Castro, S. G., Leyva Astorga, J. A. & Ramírez Leyva, A. (2011). *Evaluación de fatiga física y Dta's en el uso de plancha de alaciado en estéticas de la ciudad de Los Mochis, Sinaloa*. Proyecto de investigación. México: Instituto Tecnológico de Los Mochis. 155 p.
- Lubo Palma, A., Montiel Quintero, M. & Quevedo, A. L. (2005). *Fatiga laboral y condiciones ambientales en una planta de envasado de una industria cervecera*. Universidad del Zulia, Facultad de Medicina. Instituto de Medicina del Trabajo e Higiene Industrial. Venezuela: Salud de los Trabajadores. Volume 13. January - June 2005. 38 p.
- Pereyra, Julio Manuel. (2012). *Ergonomía Educativa: Didáctica Fisiologizada*. El factor metodológico-procedimental en la enseñanza ante NEE. Octubre 28, 2019, de Facultad de Humanidades y Ciencia de la Educación, Universidad de la República. Web Page: <http://cienciassociales.edu.uy/wp-content/uploads/2014/09/Pereyra.pdf>
- Piedrabuena, María. (2009). *Los Riesgos en el Sector Educativo*. Octubre 30, 2019, de Wolters Kluwer Web Page: http://portal.ugt.org/saludlaboral/publicaciones_new/files_boletin%20riesgos%20ergonomicos%20sector%20educativo/publication.pdf
- Yoshitake, H. (1978). *Three characteristics patterns of subjective fatigue symptoms*. Institute for Science of Labour, Kanagawa. Japan: Ergonomics Vol. 21 (3), pp. 231-233.

Biographical Notes

M.II. Diego Estrada Ruiz is a full-time Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). He is a member of Sociedad de Ergonomistas de Mexico (SEMAM, A.C.) and currently teaches subjects related to Project Management, International Logistics and Operations Management.

M.II. Eugenia Guadalupe Rosas is a full-time Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). She is a member of Sociedad de Ergonomistas de Mexico (SEMAM, A.C.) and currently teaches subjects related to Quality Management and Entrepreneur Topics.

M.II. Diego Francisco Estrada Rosas is an Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). He is a member of Sociedad de Ergonomistas de Mexico (SEMAM, A.C.) and currently teaches subjects related to Maintenance Management and International Logistics.

M.I. María Graciela Estrada Rosas is an Industrial Engineering teacher at Instituto Tecnológico de Los Mochis (TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO, TecNM / I.T. de Los Mochis). She is a member of Sociedad de Ergonomistas de Mexico (SEMAM, A.C.) and currently teaches subjects related to Maintenance Management.

M.I. César Eduardo López Vega is a Business Management teacher at Universidad Autónoma de Durango (UAD). He is currently following the procedure in order to become a member of Sociedad de Ergonomistas de Mexico (SEMAM, A.C.) and currently teaches subjects related to Business Management.

Appendix

Three Characteristic Patterns of Subjective Fatigue Symptoms, (Yoshitake, 1978).

Three Characteristic Patterns of Subjective Fatigue Symptoms

By H. YOSHITAKE

Institute for Science of Labour, Kanagawa, Japan

An extensive field survey of subjective symptoms of fatigue revealed three characteristic patterns. One, in which 'drowsiness and dullness' predominated, was frequent both among those who reported many symptoms and those who reported few and was not characteristic of any particular type of work. A second, in which "inability to concentrate" was prominent, was more frequent among those who reported many symptoms and was characteristic of mental workers, especially after night work. A third pattern, in which awareness of physical discomfort was characteristic, was found mainly among those who reported few symptoms and were engaged in physical work.

1. Introduction

When investigating industrial fatigue, it seems important to pay attention to subjective symptoms of fatigue among workers, because it is these symptoms which indicate the effects of fatigue on attitude, orientation and adjustment. The study of subjective symptoms of fatigue in Japan entered a new phase in 1967 when a new instrument for enquiry, shown in Table 1, was set up by the Industrial Fatigue Research Committee of the Japanese Association of Industrial Health. The subject is asked to answer each item 'Yes' or 'No' and an index calculated as:

$$\text{Frequency of complaint of fatigue} = \frac{\text{Number of 'Yes' answers}}{\text{Number of items}} \times 100$$

The symptoms indicated by the items can be divided into groups representing three factors, which can be broadly labelled:

1. drowsiness and dullness;
2. difficulty of concentration;
3. projection of physical impairment.

The present paper is based on data from a field survey aimed at studying the incidence of these different types of symptom.

Table 1. Check-list of subjective symptoms of fatigue.

Type 1	Type 2	Type 3
1. Feel heavy in the head.	11. Feel difficulty in thinking.	21. Have a headache.
2. Get tired over the whole body.	12. Become weary of talking.	22. Feel stiff in the shoulders.
3. Get tired in the legs.	13. Become nervous.	23. Feel a pain in the back.
4. Give a yawn.	14. Unable to concentrate attention.	24. Feel oppressed in breathing.
5. Feel the brain hot or muddled.	15. Unable to take interest in things.	25. Feel thirsty.
6. Become drowsy.	16. Become apt to forget things.	26. Have a husky voice.
7. Feel strained in the eyes.	17. Lack of self-confidence.	27. Feel dizzy.
8. Become rigid or clumsy in motion.	18. Anxious about things.	28. Have spasms of the eyelids.
9. Feel unsteady in standing.	19. Unable to straighten my posture.	29. Have a tremor in the limbs.
10. Want to lie down.	20. Lack patience.	30. Feel ill.

Diagnóstico de Patologías en Vías Terrestres por Medio de Multicriterio como Herramienta de Gestión

Ruth María Alejandra Farina Rodríguez¹, Dr. Noé Villegas Flores², Julio Roberto Betancourt Chávez³, Juan Rentería Soto⁴

Resumen- El objetivo de este estudio se enfoca en aplicar un modelo de análisis multicriterio que permita determinar y analizar las distintas patologías y grados de deterioro presentes en estructuras de obras de arte especiales de carreteras. Este trabajo se elaboró a través de la aplicación del Modelo UFPR de inspección y medición de patologías, desarrollado por el Escritorio Modelo de Ingeniería Civil (EMEA), considerando 6 viaductos pertenecientes a las vías BR-277 (en Brasil), PY-02 y PY-07 (en Paraguay). La inspección y verificación de las manifestaciones patológicas presentes en cada elemento estructural y el correspondiente análisis de deterioro han permitido validar la aplicación del Modelo UFPR a la hora de definir pautas de acción más asertivas en la toma de decisión, desde la priorización de conservación y mantenimiento de estructuras hasta intervenciones de corrección estructural.

Los resultados presentados muestran la relevancia del estudio tanto en el proceso de evaluación de una única estructura, como para un conjunto de OAE. El modelo, supone una clara simplicidad de aplicación y flexibilidad ante las distintas condicionantes de contorno observadas desde el punto de vista de daño de cada elemento y las posibles reparaciones sugeridas.

Palabras clave. - Puentes, viaductos, modelo UFPR, patologías, sistema de gestión.

Abstract- The objective of this study focuses on applying a multi-criteria analysis model that allows determining and analyzing the different pathologies and degrees of deterioration present in structures of special road works of art. This work has been developed through the application of the UFPR Model of inspection and measurement of pathologies, developed by the Civil Engineering Model Desk (EMEA), considering 6 viaducts belonging to the BR-277 (in Brazil), PY-02 and PY-07 (in Paraguay). The inspection and verification of the pathological manifestations present in each structural element and the corresponding deterioration analysis have allowed validating the application of the UFPR Model when defining more assertive action guidelines in decision-making, from the prioritization of conservation and maintenance from structures to structural correction interventions.

The results presented show the relevance of the study both in the evaluation process of a single structure, and for the integrated evaluation of the pathologies found. The model assumes a clear simplicity of application and flexibility in the face of the different boundary constraints observed from the point of view of damage to each element and the possible suggested repairs.

Keywords. - Bridges, viaducts, UFPR model, pathologies, management system.

Introducción

Las obras de artes especiales (OAE) son de gran importancia para el correcto desempeño e integración del sistema vial. Las estructuras de paso (puentes), viaductos, pasarelas y túneles se consideran como parte esencial para determinar la calidad y el alto nivel de la pista. Aunque los puentes brasileños juegan un papel de reconocida importancia en su infraestructura vial, la cultura de gestión de las OAE aún sigue en desarrollo en Brasil. La infraestructura vial brasileña es: debido a las dimensiones continentales del país – un bien diversificado en características técnicas y grados de conservación. (Schipitoski, 2017).

Según el mismo autor, se estima que en Brasil hay puentes en el 66,9% de los tramos de autovía bajo gestión privada y en el 48,4% de los tramos bajo gestión pública. Estas obras están sujetas a condiciones muy diferentes, y gestión aún en proceso de sistematización y actualización de base de datos. Por tratarse de elementos de gran valor para la sociedad y, combinados con el hecho del considerable aumento del volumen de tráfico y la carga circulante, es necesario aplicar modelos de gestión que ayuden en la planificación de intervenciones de conservación y refuerzo, visando garantizar la seguridad y la calidad del servicio a los usuarios (Poças, 2009).

Intervenciones oportunas llevadas a cabo en el momento correcto, es una forma eficiente de intervenir en el proceso del deterioro de estructuras de OAE. (Calanzas, 2015). En este escenario, América Latina exhibe grandes desafíos para la inserción de modelos de gestión y fiscalización operativa en cada uno procesos constructivos. Las fallas y

¹ Ingeniera civil – Ex alumna UNILA, Brasil, actualmente labora en la empresa EDSTT S.A. ruthfarinha@gmail.com

² Profesor-investigador del Instituto de tecnología, infraestructura y territorio de la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana – UNILA, Brasil. noe.flores@unila.edu.br

³ Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango. jbetancourt@ujed.mx

⁴ Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango. juan.renteria@ujed.mx

deficiencias asociadas a estos modelos se reflejan directamente en la enorme cantidad de estructuras deterioradas en la mayoría de los sectores de la construcción civil y de infraestructura.

Actualmente, para la determinación y priorización de intervenciones, se utilizan sistemas de gestión de OAE. Estos sistemas pueden ser simples, compuestos únicamente por una base de datos, o más complejos, como los que utilizan modelos de deterioro para evaluar la situación futura de la estructura (Calanzas, 2015).

El Departamento Nacional de Infraestructura de Brasil (DNIT), tiene bajo su responsabilidad la administración de aproximadamente seis mil OAE, sin considerar en este dato los túneles y pasarelas peatonales, para la gestión de este patrimonio se utiliza el Sistema de Gestión de Obras de Arte Especiales, llamado SGO.

Como la metodología utilizada por el DNIT clasifica a las estructuras en cinco condiciones de estabilidad, en un stock muy grande de estructuras, ciertamente hay un número significativo de OAE clasificados en la misma condición de estabilidad. En una situación de limitación de recursos, surge la necesidad de la priorización de estructuras con relación a las intervenciones a realizar. En este caso y por sus características particulares, se presenta el modelo UFPR de inspección y medición de OAE como una opción para la inspección y priorización de OAE viales.

Gestión de Obras especiales de arte - OAE

De acuerdo con ABNT NBR 6118 (2014), las estructuras de concreto deben cumplir con requisitos mínimos de calidad tales como: capacidad resistente, desempeño de servicio y durabilidad, clasificada como la capacidad de la estructura para soportar las influencias ambientales definidas para el proyecto. Según Andrade (1997) la durabilidad puede ser representada por el binomio rendimiento/tiempo, y que a medida que el daño evoluciona, los costos necesarios para la corrección aumentan exponencialmente a través de la llamada Ley de Sitter como se puede ver en la figura 1.

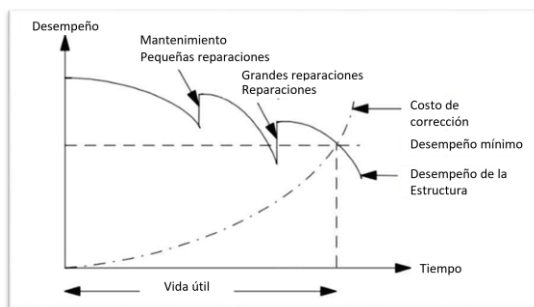


Figura 1. Etapas del desempeño durante la vida útil (Alves & Barros, 2018).

Según Calanzas (2015), el grado de degradación de una estructura a lo largo de su vida útil se ve afectado por muchos factores, como la geometría de la estructura, los materiales utilizados en la construcción, la calidad de la construcción, el diseño y detalle de la estructura, así como la posible acción de incendios, terremotos, la misma naturaleza, la intensidad del tráfico, etc.



(a)

(b)

Figura 2. Sistemas estructurales utilizados em los proyectos de OAE (a) Puente inferior celular en la carretera BR- 060/GO; (b) Puente atirantado sobre el río Oiapoque en la frontera Brasil-Guyana francesa, carretera BR-156/AP.

Estos dos ejemplos muestran la diversidad de sistemas y materiales que se emplean en las OAE, así como los diferentes requisitos que requiere cada estructura para cumplir con su vida útil. Según Calanzas (2015), la gestión de OAE es el medio por el cual se cuida una estructura desde la concepción hasta el final de su vida útil. Las OAE son estructuras con un valor promedio de R\$ 4.500,00 por metro cuadrado de construcción y según el Tribunal Federal de Cuentas (BRASIL, 2012) se estima que el conjunto de obras de arte de carreteras federales suma un patrimonio de alrededor de R\$ 13 mil millones.

Materiales y métodos

Modelo UFPR de inspección en obras de artes especiales

El modelo UFPR de inspección y medición de OAE ha sido desarrollado por el Escritorio Modelo de Ingeniería Civil EMEA (*Civil Engineering Model Office*). Esta metodología fue implantada dentro del programa de posgrado en construcción civil del sector tecnológico de la Universidad Federal de Paraná (EMEA, 2016).

El modelo UFPR tiene como objetivo generar un ranking de las obras de arte especiales, posibilitando un gerenciamiento adecuado de las estructuras, buscando en todo momento contemplar diversos materiales relacionados con las inspecciones en Brasil, tales como:

- *ABNT/CB-18*; 1er proyecto ABNT NBR 9452, agosto de 2014; inspección de puentes, viaductos y pasarelas de hormigón;
- *Road Bridge Inspection Manual*, 2ª edición, 2004, preparado por el Departamento Nacional de Infraestructura y Transportes de Brasil (DNIT);
- *Norma DNIT 010/2004- Pro*, establece las condiciones para la realización y presentación de los resultados de las inspecciones en puentes, viaductos y obras especiales;
- *Special Arts Works Management System (SGO)*; se divide en SGO Mobile y SGO Web. Se rigen por el DNIT 010/2004 (PRO-10), Road Bridge Inspection Manual 2da edición 2004 y el manual de aplicación de la SGO v3.

El modelo proporciona un parámetro cuantitativo que indica el nivel de deterioro de la estructura analizada, este parámetro es denominado índice relativo (IR), y tiene como objetivo final establecer un sistema eficiente de gestión de estructuras optimizando la utilización de los recursos disponibles para un posible mantenimiento y rehabilitación. El índice relativo se calcula en función de la razón entre el índice de performance y el índice base, que serán explicados a continuación.

Cálculo del índice de performance

El cálculo del índice de performance (IP) consiste en la suma efectiva del daño detectado en la inspección de la estructura ponderado por los factores K_{1i} , K_{2i} , K_{3i} e K_{4i} , atendiendo la siguiente ecuación:

$$IP = \sum Vd = \sum \beta_i \cdot K_{1i} \cdot K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{4i} \quad \text{Ecuación 1}$$

Cada parámetro debe ser representado según lo siguiente:

- β_i - Manifestación patológica;
- K_{1i} - Elemento estructural en que la manifestación patológica ocurre;
- K_{2i} - Intensidad del daño;
- K_{3i} - Extensión de la propagación del daño en los otros elementos de la OAE;
- K_{4i} - Urgencia de intervención.

Cálculo del índice base

El índice base (IB) está diseñado para permitir comparaciones entre obras de arte especiales (OAE) que poseen diferentes morfologías, comparando la estructura real con otra estructura con la misma morfología en la peor situación

posible. El cálculo se realiza empleando la ecuación 2, y se consideran todas las manifestaciones patológicas que puedan ocurrir de forma realista en un determinado tipo de morfología, ponderados por los valores más críticos de K_{2i} y K_{3i} , que asumen el valor de 2, y considerando K_{4i} igual a 1, de modo que, al efectuar la razón entre el índice de performance y el índice base, el valor del índice relativo (IR) no quede muy pequeño.

$$IB = \sum Vd_{ref} = \sum \beta_{i_{ref}} \cdot K_{1i_{ref}} \cdot K_{2i_{ref}} \cdot K_{3i_{ref}} \cdot K_{4i_{ref}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Cada parámetro debe ser representado según lo siguiente:

- β_i - Manifestación patológica;
- K_{1i} - Elemento estructural en que la manifestación patológica ocurre;
- K_{2i} - Intensidad del daño;
- K_{3i} - Extensión de la propagación del daño en los otros elementos de la OAE;
- K_{4i} - Urgencia de intervención.

Límites del sistema

El modelo propuesto en este estudio utiliza como datos de entrada información relacionada al estado actual de conservación de las distintas OAE, como los daños existentes y sus magnitudes, no contemplando las diversas características estructurales de los elementos que componen la estructura, tales como la rigidez, grados de libertad entre otros. En la figura 3, se observa la localización de las estructuras estudiadas por el método de la UFPR. La cercanía entre fronteras facilita el estudio de obras de arte especiales bajo condiciones totalmente diferentes entre países y, sobre todo con distintos sistemas de conservación y mantenimiento de las estructuras.

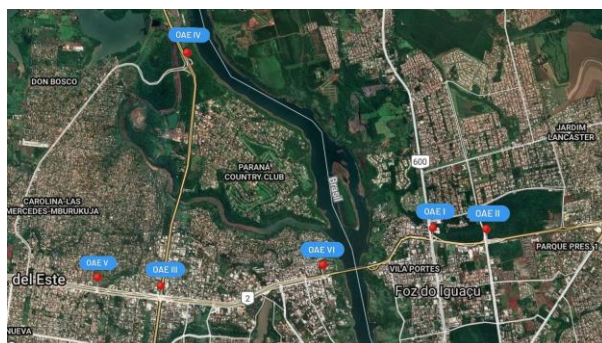


Figura 3. Mapa de localización de las OAE analizadas (Fuente: elaboración propia).

Resultados y discusión

Valores de los índices de desempeño y base de la OAE.

En este apartado se presentan los resultados de los levantamientos e inspección de las estructuras OAE y los respectivos registros fotográficos, para demostrar la aplicación del modelo propuesto según lo previsto en la metodología. Con los datos obtenidos, se ha aplicado el modelo matemático, mostrado en detalle en las figuras y tablas posteriores. En la figura 4 se muestran la morfología y la manifestación patológica presentada en los tableros laterales de la OAE I.



Figura 4. Morfología del viaducto y ejemplos de manifestación patológica. (OAE I)

La Tabla 1 ilustra la aplicación del modelo de inspección y medición de la UFPR en los elementos (y sus parámetros), enseguida el índice de performance (IP) de la primera OAE (I) analizada.

Tabla 1 – Parámetros obtenidos en campo, producto de la aplicación del modelo EMEA/UFPR (OAE I).

Elementos	Manifestaciones patológicas	B	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	IP
Losas de concreto	Fisura en línea vertical	3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.15
	Fisura en línea horizontal	3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.15
	Mancha de humedad	1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.05
	Florescencias con surgimiento de manchas blanquecidas	1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.05
Encuentro – pared frontal de concreto armado.	Deterioro superficial	1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.013
	Presencia de vegetación incrustada	1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.013
	Mancha de humedad	1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.013
Muro de tierra armada	Fisura en línea vertical	3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.113
	Fisura en línea horizontal	3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.113
	Deterioro superficial	1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.038
	Presencia de vegetación incrustada	1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.038
Pavimento asfáltico	Deterioro superficial	1	0.2	1	0.5	0.5	0.05
Guarda ruedas		1	0.1	1.5	0.5	0.5	0.038
Viga de concreto	Fisura en línea vertical	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.225
	Fisura en línea horizontal	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.225
	Mancha de humedad	1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.075
	Florescencias con surgimiento de manchas blanquecidas	1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.075
Pilar em columnas de concreto	Fisura en línea vertical	3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.15
	Fisura en línea horizontal	3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.15
	Mancha de humedad	1	0.4	1	0.5	0.5	0.1
	Deterioro superficial	1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.05
							1.875

Con las manifestaciones patológicas encontradas, el índice de performance de la OAE I corresponde al valor de 1.875 tal como se puede apreciar en la tabla 1. De esta forma, el resultado del cálculo del índice base de la OAE I (*mismas manifestaciones en el peor de los casos*), se determina en la tabla 2, conforme los parámetros obtenidos bajo estas condiciones.

Tabla 2 – Parámetros obtenidos em campo, producto de la aplicación del modelo EMEA/UFPR (OAE I).

Elementos	Manifestaciones patológicas	B	K1	K2	K3	K4	IB
Losa de concreto	Fisura en línea vertical	3	0.4	2	2	1	4.8
	Fisura en línea horizontal	3	0.4	2	2	1	4.8
	Mancha de humedad	1	0.4	2	2	1	1.6
	Florescencias con surgimiento de manchas blanquecidas	1	0.4	2	2	1	1.6
Encuentro – pared frontal de concreto armado.	Deterioro superficial	1	0.1	2	2	1	0.4
	Presencia de vegetación incrustada	1	0.1	2	2	1	0.4
	Mancha de humedad	1	0.1	2	2	1	0.4
Muro de tierra armada	Fisura en línea vertical	3	0.3	2	2	1	3.6
	Fisura en línea horizontal	3	0.3	2	2	1	3.6
	Deterioro superficial	1	0.3	2	2	1	1.2
	Presencia de vegetación incrustada	1	0.3	2	2	1	1.2
Pavimento asfáltico	Deterioro superficial	1	0.2	2	2	1	0.8
Guarda ruedas		1	0.1	2	2	1	0.4
Viga de concreto	Fisura en línea vertical	3	0.6	2	2	1	7.2
	Fisura en línea horizontal	3	0.6	2	2	1	7.2
	Mancha de humedad	1	0.6	2	2	1	2.4
	Florescencias con surgimiento de manchas blanquecidas	1	0.6	2	2	1	2.4
Pilar em columnas de concreto	Fisura en línea vertical	3	0.4	2	2	1	4.8
	Fisura en línea horizontal	3	0.4	2	2	1	4.8
	Mancha de humedad	1	0.4	2	2	1	1.6
	Deterioro superficial	1	0.4	2	2	1	1.6
							56.8

Dada la caracterización de la OAE I. según su morfología y el daño que presenta en el peor de los casos, se encontró un índice base igual a 56,8. La tercera etapa del análisis consiste en realizar el cálculo del índice relativo (IR) para el viaducto en su conjunto. El IR de la estructura se obtiene de la razón entre índice de performance y el índice base, siendo para este caso un valor correspondiente a $IR = 0,033$.

A continuación, se representan los valores respectos de los índices de rendimiento y del índice relativo de todas las OAE estudiadas.

En la figura 5 se muestran los valores obtenidos del índice de rendimiento y del índice relativo de las OAE analizadas. De la misma forma, la tabla 3 refleja la clasificación inherente a los valores obtenidos a partir de este estudio.

Figura 5. Índice de desempeño para las OAE estudiadas.

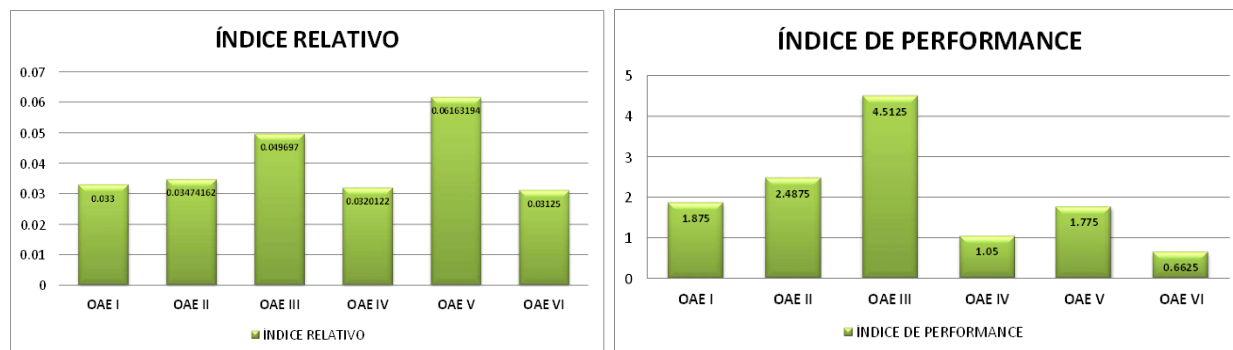


Tabla 3 – Clasificación de las OAE estudiadas según la aplicación del modelo EMEA/UFPR

Obra de arte especial	Índice relativo	Ranking
OAE V (Paraguay)	0.06163	1°
OAE III (Paraguay)	0.04969	2°
OAE II (Brasil)	0.03474	3°
OAE I (Brasil)	0.03300	4°
OAE IV (Paraguay)	0.03201	5°
OAE VI (Paraguay)	0.03125	6°

Conclusiones y recomendaciones

El modelo propuesto se destaca al proporcionar un análisis que va más allá de la simple evaluación del estado de conservación de la estructura, permitiendo una simulación del comportamiento de la OAE ante el peor de los escenarios. Las simulaciones de comportamiento futuro se realizan a través de datos de entrada simples, obtenidos en inspecciones de rutina, sin la necesidad de base de datos robustas y modelos probabilísticos. Los resultados presentados muestran la relevancia del análisis tanto para la evaluación de una única OAE como para un conjunto de éstas. El modelo, tal y como fue estructurado, es bastante flexible no solo por su adaptación a diferentes realidades, sino también por la adición de diferentes patologías y elementos estructurales, además de la adaptación para la evaluación de varios tipos de OAE.

Aplicando el modelo desarrollado en la UFPR, se percibe que este genera información detallada, pues con el modelo se evalúa cada elemento estructural por separado, siendo el puntaje generado por parámetros establecidos y no solo por la subjetividad de quienes inspeccionan. Otra ventaja es que, debido al índice relativo, las notas se pueden diferenciar mejor. Es decir, dos estructuras pueden tener la misma puntuación técnica, pero con el modelo EMEA/UFPR será muy difícil que las notas sean exactamente iguales, ya que la inspección y la calificación se asignan utilizando todos los elementos de la OAE.

Con esta evaluación más detallada, si se realiza una recuperación en la obra, es posible generar presupuestos mucho más precisos, ya que el daño se registra por elemento estructural y a través de una medida específica, por lo que el responsable puede estimar con mayor precisión el costo que tendrá en la reparación.

Con el avance de la tecnología, la información cada vez más precisa es esencial para los parámetros que utilizan los programas involucrados. Por lo tanto, modelar una estructura ubicada exactamente dónde está cada manifestación, se convierte en de gran valor para el arquetipo de la información, ya que así se puede optimizar los costos y plazos de mantenimiento. En este, se pueden hacer estudios a partir de los cuales se analizan los efectos del daño en varias frentes, como estructural, mantenimiento, cronograma de reparaciones, siempre partiendo del puente en el peor estado, que es generado por el modelo UFPR.

Además, para la continuidad del presente estudio, se sugiere, en primer lugar, la aplicación del modelo en más trabajos, buscando la validación de este, y la optimización de escenarios de falla.

También es necesaria la aplicación del modelo a un mayor número de puentes, con el fin de realizar un estudio sobre los valores máximos y mínimos que pueden alcanzar los parámetros de consecuencia y demanda de daño relativo. Finalmente, se concluye que los modelos de evaluación y análisis de OAE, como el modelo UFPR, son de gran valor en el proceso de toma de decisiones en la gestión de estas obras, ya que integran de manera optimizada los ámbitos técnicos y de gestión.

Referencias

- ABNT NBR 6118 (2014). Norma brasileña, Proyecto de Estructuras de Concreto-Procedimiento.
- Andrade, J. J. O. (1997). Durabilidad de las Estructuras de Concreto Armado. Porto Alegre.
- Calanzas, R. (2015). Evaluación de metodologías de inspección como instrumento de priorización de intervenciones en Obras de Arte Especiales. Tesis de Maestría en Estructuras y Construcción Civil – Universidad de Brasilia. Brasilia.
- Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes - DNIT. (2004). Inspecciones en puentes y viaductos de concreto armado y pretendido – Procedimiento. Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes. Ministerio de Transportes. Brasil.
- EMEA (2016). Informe técnico de puentes del estado de Paraná gerenciadas por el DNIT. Curitiba.
- Poças, R. F. G. (2009). Gestión del Ciclo de Vida de Puentes. Disertación Maestría (Curso de Ingeniería Civil) - Universidad de Minho. Guimarães.
- Schipitoski, P. M. (2017). Definición de parámetros aplicables al modelaje de información de puentes de concreto armado con enfoque el gerenciamiento de mantenimientos. Tesis de Maestría, Programa de Posgraduación en Ingeniería de Construcción Civil. Universidad Federal del Paraná. Curitiba.
- Tribunal de Cuentas de la Unión. (2012). Auditoria operacional en las actividades de mantenimiento, conservación y reparo de obras de arte especiales en carreteras federales. Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes.

Notas Biográficas

Ruth María Alejandra Farina Rodríguez, Ex alumna de la carrera de Ingeniería Civil de Infraestructura de la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana. En los primeros años voluntaria en el proyecto de extensión PET-UNILA - Programa de Educación Tutorial que busca la excelencia en la formación de los alumnos. Durante su formación académica ha participado activamente en semanas académicas de ingeniería civil de infraestructura y en grupos de investigación relacionados a vías terrestres, pavimentos asfálticos y trabajos asociados a temáticas en ingeniería de tránsito. Actualmente trabaja en el sector de previsión de caudales en la central hidroeléctrica de la Itaipú Binacional.

Dr. Noé Villegas Flores es profesor investigador del Instituto de tecnología, infraestructura y territorio de la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana. Ingeniero civil de formación y con maestría en ingeniería de la construcción por el Instituto Tecnológico de Durango (2004). Ha realizado sus estudios de doctorado en la Universidad Politécnica de Cataluña en la Escuela de caminos, canales y puertos de Barcelona en el año de 2009. Actualmente pertenece al grupo de investigación de movilidad y eficiencia energética del CNPq (Brasil) y se desarrolla académicamente en la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana (UNILA) con proyectos en líneas de generación de conocimiento en el área de transporte y evaluación de espacios urbanos.

El Doctor en Ingeniería Civil **Julio Roberto Betancourt Chávez**, es profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), obtuvo el grado en la Universidad de Sonora a través del Doctorado en Ingeniería Civil CUMex en marzo de 2015. Fue jefe de Posgrado en la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la UJED, durante el período comprendido de febrero de 2007 a septiembre de 2016. Es Líder del Cuerpo Académico “Tecnología de la Construcción” y actualmente trabaja en proyectos para el desarrollo de nuevos materiales en la construcción utilizando residuos como aditivos o sustitución de agregados.

El **M.I. Juan Rentería Soto** es profesor investigador en la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango, concluyó sus estudios de Maestría en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y actualmente estudia el Doctorado en la Universidad Autónoma de Cd. Juárez. Trabaja en la caracterización de propiedades mecánicas de nuevos materiales y comportamiento estructural.

Validación de la Remoción de Colorantes Verde y Azul Bromocresol con el Fruto de Encino

Erika García Domínguez M. en C.¹¹, M. en. C. E. Rosalba Ramírez Noriega¹

Resumen— Esta investigación presenta una alternativa para el agua contaminada por colorantes sintéticos. Se evaluó la capacidad de remoción de residuos del fruto de encino (*Quercus Rubra*) con disoluciones de Verde y Azul Bromocresol. Se empleó un tamaño de partícula malla 30. Se pesaron 0.01g/1000 mL de los colorantes Verde y Azul Bromocresol respectivamente. Se pesaron 2 g de muestra se vertieron en vasos de precipitado añadiendo 100 mL del colorante respectivamente. Se agitaron 15 y 30 minutos a 120 rpm; se filtraron, se dio lectura en un espectrofotómetro UV a 615 nm Verde Bromocresol y 600 nm Azul Bromocresol. Resultados de remoción para el Verde Bromocresol fue 75% y Azul Bromocresol de 52% al tiempo de 15 minutos, para 30 minutos fue de 88% para el Verde Bromocresol y 55% para el Azul Bromocresol. Los resultados demuestran que los residuos del fruto de encino tienen la capacidad de remover estos colorantes.

Palabras clave— Azul Bromocresol, Fruto de encino, Verde Bromocresol.

Introducción

Por medio de la técnica bioadsorción han sido estudiadas las biomásas no vivas derivadas de residuos orgánicos con diferentes aplicaciones en especial como una alternativa en el tratamiento de aguas contaminadas principalmente por colorantes sintéticos. La contaminación por colorantes constituye un problema en su degradación debido a su estructura química.

En la búsqueda continua de alternativas sustentables en el tratamiento del agua contaminada por los colorantes químicos, se encuentran los residuos del fruto de encino (*Quercus Rubra*) que ha tenido porcentajes de remoción favorables con colorantes de azul de metileno y rojo congo.

Se ha evaluado la eficiencia de adsorción de la biomasa del fruto del encino en base seca, mediante el diseño de una columna de lecho empacado a tres arreglos diferentes (membrana-biomasa), utilizando como medio disoluciones de colorantes de rojo congo y azul de metileno, con un 95% de retención de los colorantes (García D. E. et al., 2018).

Otra investigación por García D. E. et al., (2022) es la construcción de modelos matemáticos han sido usados para describir y predecir las curvas de ruptura de una columna de adsorción en sistemas de fase líquida. El Modelo de Thomas (Th) fue desarrollado para describir el desempeño de una columna de intercambio catiónico para el caso en el que la velocidad de intercambio es determinada por una velocidad de segundo orden, adecuado para la adsorción del azul de metileno mediante la cáscara del fruto de encino.

Descripción del Método

Proceso de la biomasa

Los residuos del fruto de encino se obtuvieron en el municipio de San Felipe del Progreso, Edo. México. El proceso consistió lavado, secado a temperatura 25°C, después se realizó la molienda en un molino de disco y el material se tamizado para obtener el tamaño de partícula de 30.

Preparación de las disoluciones y evaluación

Primero se prepara la biomasa con un lavado, molienda y tamizado para obtener un tamaño de partícula con la malla 30 (595 micrones). Para las disoluciones se pesaron 0.01 g de los colorantes Verde y Azul Bromocresol respectivamente y se aforaron a 1000 mL

La evaluación se realizó tipo batch. Se pesaron 2 g de la muestra natural y se vertieron en vasos de precipitado añadiendo 100 mL de cada colorante respectivamente. Se agitaron 15 y 30 minutos de contacto a 120 rpm (figura 1); después se filtraron y se dio lectura en un espectrofotómetro UV, para el Verde Bromocresol fue a una longitud de onda de 615 y 600 nm para el Azul Bromocresol. Los experimentos se realizaron por duplicado con un tamaño de muestra de 3 por cada uno.

¹¹ Erika García Domínguez M en C. es Profesora PTC de Ingeniería Química del **Tecnológico Nacional de México -Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso**, San Felipe del Progreso, Edo. de México. erik_gdominguez@yahoo.com.mx (autor corresponsal).

¹ La M en C. E. Rosalba Ramírez Noriega es Profesora PTC de Ingeniería Química del **Tecnológico Nacional de México -Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso**, San Felipe del Progreso, Edo. De México. rosalbar_no@hotmail.com

Para la obtención del porcentaje de remoción de los colorantes por medio del material orgánico del fruto de encino (*Q. Rubra*), se calculó el porcentaje de adsorción para cada colorante con la ecuación (1) Cano et al., (2017).

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{Abs_i - Abs_f * 100}{Abs_i} \quad (1)$$

donde:

Abs_i es la absorbancia del colorante sin tratamiento

Abs_f es la absorbancia después del tratamiento



a)



b)

Figura 1. Experimentos batch: a) Verde Bromocresol, b) Azul Bromocresol.

Comentarios Finales

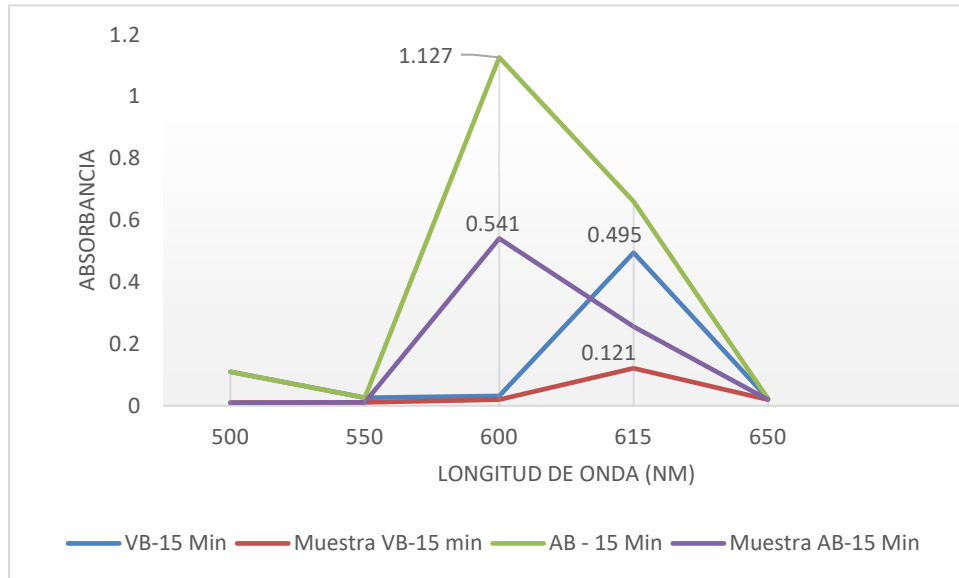
Resumen de resultados

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1, a los tiempos definidos en la metodología. El porcentaje de remoción de la disolución del Verde Bromocresol fue del 75% y para el Azul Bromocresol fue de 52%, ambos con un tiempo de contacto de 15 minutos, para el tiempo de 30 minutos fue de 88% para la remoción del Verde Bromocresol y 55% para el Azul Bromocresol; para ambos colorantes la mejor remoción fue al tiempo de 30 minutos validando que a mayor tiempo de contacto entre el material y la disolución mayor es la adsorción. Lo anterior demuestra que la biomasa presenta la capacidad de adsorción para estos colorantes. Se continua con otras condiciones experimentales tales como aumentar el tiempo de contacto, cantidad de biomasa y aumentar la concentración de los colorantes.

Tabla 1. Remoción de los colorantes con el tratamiento.

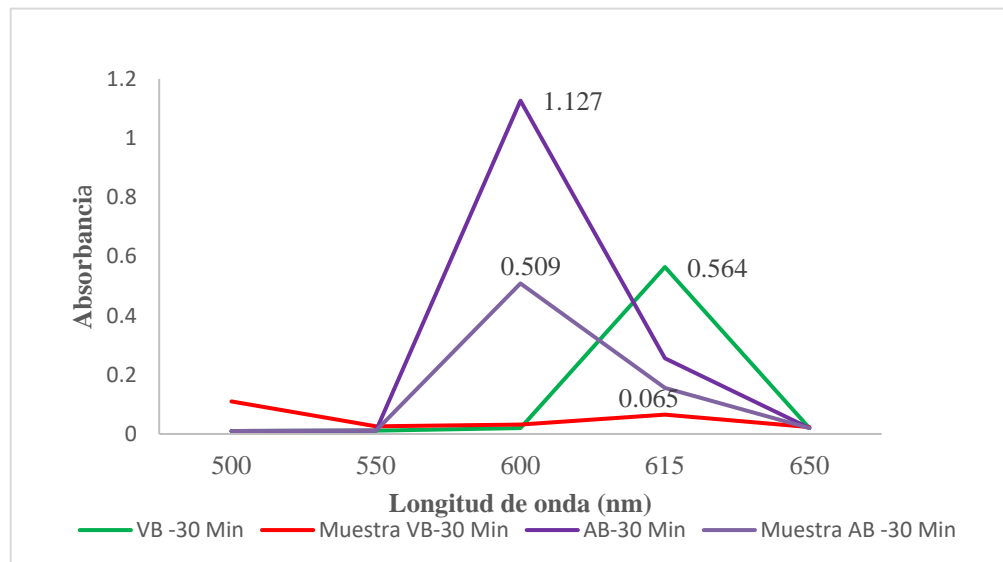
Colorantes con tratamiento	Porcentajes de remoción	
	Tiempo 15 minutos	Tiempo 30 minutos
Verde Bromocresol	75.0 %	88.0 %
Azul Bromocresol	52.0 %	54.8%

En la gráfica 1, se muestra el comportamiento de la absorbancia para la validación de la remoción de las disoluciones de colorantes Verde y Azul Bromocresol para el tiempo de 15 minutos de contacto con la biomasa, de acuerdo con la ecuación 1, el mayor porcentaje fue para el Verde Bromocresol debido a la diferencia entre las absorbancias es mayor; para el Azul Bromocresol presenta mayor absorbancia, pero la diferencia entre la disolución y la muestra es menor.



Gráfica 1. Comportamiento de las absorbancias de Verde y Azul Bromocresol a 15 minutos.

En la gráfica 2, se muestra el comportamiento de la absorbancia para la validación de la remoción de las disoluciones de colorantes Verde y Azul Bromocresol para el tiempo de 30 minutos de contacto con la biomasa, de acuerdo con la ecuación 1, el mayor porcentaje fue para el Verde Bromocresol debido a la diferencia entre las absorbancias es mayor; para el Azul Bromocresol presenta mayor absorbancia, pero la diferencia entre la disolución y la muestra es menor.



Gráfica 2. Comportamiento de las absorbancias de Verde y Azul Bromocresol a 30 minutos.

Conclusiones

El estudio por lotes demuestra que la malla 30 de los residuos del fruto de encino tienen la capacidad de remover estos colorantes principalmente con el Verde Bromocresol con un tiempo de 30 minutos. Se espera obtener un mayor porcentaje de remoción al aumentar el tiempo de contacto entre la biomasa y los colorantes, validando así la eficiencia

de la materia orgánica natural. Se continua con el estudio de esta biomasa para que más adelante se puedan realizar biofiltros para el tratamiento de aguas residuales principalmente contaminadas con residuos de colorantes sintéticos.

Recomendaciones

Se buscan alternativas sustentables y amigables con el medio ambiente principalmente en los tratamientos para el agua contaminada por colorantes sintéticos, mediante la aplicación de la ingeniería evaluando cinéticas de adsorción, porcentajes de remoción y contribuir a los avances científicos de la ciencia básica y aplicada.

Referencias

-García D. E., García L. M, y Moreno R. G. Remoción de colorantes sintéticos mediante una columna de adsorción empacada con biomasa del fruto de encino. Revista "Ciencia y algo más..." No. 6 Año 4 Julio-septiembre 2018 ISSN 2007-8161. Pp. 18-23.
Dirección web: cienciayalgomas100.wixsite.com/ciencia

-Domínguez, E. G., Noriega, R. R., Villanueva, J. L., & Francisco, R. B. (2022). Modelo de Thomas para la cinética de adsorción del azul de metileno mediante el residuo del fruto de encino: Thomas model for methylene blue adsorption kinetics using oak fruit residue. *South Florida Journal of Development*, 3(4), 5250–5259. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n4-092>

-Cano, Maribel; Castorena, José H.; Santiago, Víctor; Ariza, José A.; Cervantes, Luis A. "Estudio comparativo de la remoción de verde de bromocresol y Rojo congo entre *Sechium edule* Y *Trametes versicolor*". *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 8, núm. 1, enero-marzo, 2017, pp. 1-8. Executive Business School La Serena, Chile.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323650376001>

Interfaz de Control y Monitoreo de Máquina Boxford CNC DUET con LabVIEW

M. en E. R. Rufino García Mendoza¹, TSU Christian Samuel Ortiz Zamora²,
M. en A. Pablo Saúl Espinoza Aguirre³, M. en I. Samuel Sotelo Martínez⁴

Resumen—El proyecto se basa principalmente en el desarrollo de una interfaz gráfica y control de operación de una máquina Boxford CNC DUET con programación a bloques, utilizando el software LabVIEW. Esta interfaz de control y monitoreo forma parte de un proyecto integral que tiene como objetivo principal la rehabilitación de un equipo CNC obsoleto. La interfaz gráfica facilitará de forma remota el uso y operación del equipo CNC, realizar pruebas y experimentar diferentes escenarios, lo que ayudará a adquirir conocimientos prácticos y desarrollar destreza en el manejo de CNC. Este proyecto generará una actitud innovadora y participativa en los alumnos, frente a los avances científicos y tecnológicos en el área de instrumentación y control automático, preparándolos para enfrentar los desafíos de la industria 4.0

Palabras clave—Interfaz, Monitoreo, CNC, LabVIEW, Daq.

Introducción

En la universidad Tecnológica de San Juan del Río se cuenta con equipo Boxford CNC DUET que se a declarado obsoleto, que durante los primeros años fue utilizado por los alumnos para prácticas de manufactura en las carreras de Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería en Mantenimiento Industrial y Procesos Productivos. Como equipo obsoleto se dio la tarea de poner en marcha utilizando un control y monitoreo mediante el uso Software de LabVIEW y Tarjeta de adquisición de datos MyRIO-1900 de National Instruments. La idea fundamental es proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica y realista que les permita mejorar su comprensión y habilidades en las áreas de instrumentación virtual, control y automatización. Al complementar el aprendizaje teórico con esta interfaz de control, se refuerza la parte didáctica relacionada con el uso de instrumentos virtuales en aplicaciones industriales. Se desarrolla una interfaz gráfica y control de operación de una máquina Boxford CNC DUET con programación a bloques, utilizando el software LabVIEW. mediante la identificación de las variables de entradas y salidas del equipo Boxford CNC Duet, prueba de motores de los ejes X, Y y Z con la tarjeta de adquisición de datos, diseño de la interfaz gráfica para el control de los ejes, implementación de entradas a la tarjeta de adquisición de datos MyRIO-1900 para el monitoreo milimétrico de los ejes X, Y y Z, pruebas con el monitoreo mediante la interfaz gráfica del sistema CNC, para facilitar de forma remota el uso y operación del equipo, realizar pruebas y experimentar diferentes escenarios, lo que les ayudará a adquirir conocimientos prácticos y desarrollar su destreza en el manejo de máquinas CNC.

Metodología

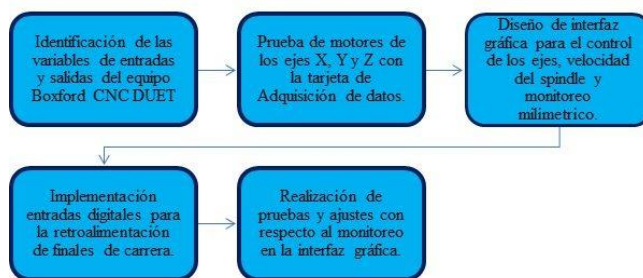


Figura 1.- Diagrama de bloques del desarrollo del proyecto.

¹ M. en E. R. Rufino García Mendoza es Profesor de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Querétaro. rgarciam@utsjr.edu.mx (autor corresponsal)

² TSU Christian Samuel Ortiz Zamora es Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Querétaro. sanueloz.ma20@utsjr.edu.mx

³ M. en A. Pablo Saúl Espinoza Aguirre es Profesor de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Querétaro. psespinoza_a@utsjr.edu.mx

⁴ M. en I. es Profesor de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Querétaro. ssotelom@utsjr.edu.mx

Procedimiento

En la figura 2 se muestra la máquina Boxford CNC Duet en estado obsoleto y sin posibilidad de actualización por parte del fabricante, que en su forma vertical tal como se presenta funciona como fresadora y en forma horizontal trabaja como un torno. (Dolwcki, 2018) Esta máquina CNC tiene las siguientes características técnicas:

- Modo torno: eje x 125 mm, eje y 360 mm.
- Modo fresa: eje x 125 mm, eje y 75 mm, eje z 160 mm.
- Velocidad de spindle: 200-2500 rpm.
- Velocidad de corte: 0-500 rpm.
- Resolución: 0.01 mm.
- Dimensiones de la maquina: largo 900 mm, ancho 455 mm y alto 480 mm.
- Peso de la máquina 52 kg.



Figura 2.- Máquina Boxford CNC DUET.

Identificación de las variables de entradas y salidas del equipo Boxford CNC DUET

El equipo Boxford CNC DUET cuenta con motores a pasos NEMA17 bipolares, los cuales van conectados a los drivers TB6600 que requieren dos señales de entradas, una señal PWM con una frecuencia de 17 KHz y una señal digital de 0-5 volts para el cambio de dirección. Se revisa las bobinas de los motores a pasos probando continuidad entre cada par para verificar su funcionamiento. (Dolwcki, 2018)

Para la parte de potencia se llevó a cabo la desinstalación del motor de corriente directa monofásico como parte del spindle, donde se realiza la revisión y funcionamiento del motor para las pruebas con la tarjeta variador de velocidad original de la máquina como se muestra en la figura 3. (Conti, 2008)

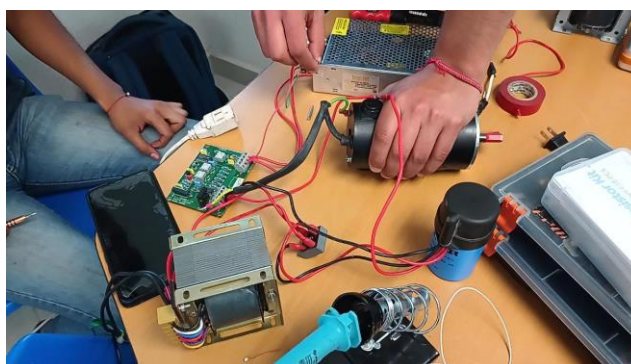


Figura 3.- Pruebas de potencia a motor de corriente directa.

Pruebas de motores de los ejes X, Y y Z con tarjeta de Adquisición de Datos

Una de las principales ventajas e innovaciones que adquirió esta máquina CNC es que puede ser operada mediante una red Wi-Fi, es decir, de forma inalámbrica. Para eso se usó la tarjeta de adquisición de datos de National Instruments MyRIO-1900 (National Technology and Science Press, 2014), ver figura 4.



Figura 4.- Tarjeta de adquisición de datos NI MyRIO-1900.

Esta tarjeta puede programarse en lenguaje de bloques a través del software LabVIEW y controlarse desde la interfaz creada en el mismo software a través de la señal Wi-Fi generada por la misma tarjeta, todo sin necesidad de una conexión física.

Los drivers colocados para el funcionamiento de los motores requerían señales de entrada digital de 5V, sin embargo, la tarjeta MyRIO-1900 solo es capaz de dar 3.3V de salida digital, para esto se hizo un arreglo de transistores, ver figura 5.

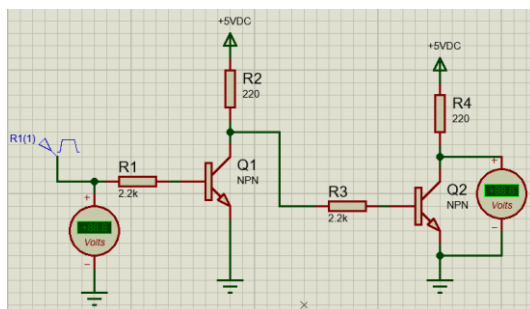


Figura 5. Prueba de arreglo de transistores hecha en Proteus.

Para controlar los pulsos y dirección que se envían desde la tarjeta MyRIO-1900, se ocuparon 6 arreglos de transistores como los mostrados en la figura anterior, 2 para cada eje. Al comprobar que el funcionamiento de este circuito era el correcto, la PCB se diseñó en software Proteus y posteriormente se fabricó (Rossano, 2013), tal como se muestra en la figura 6.

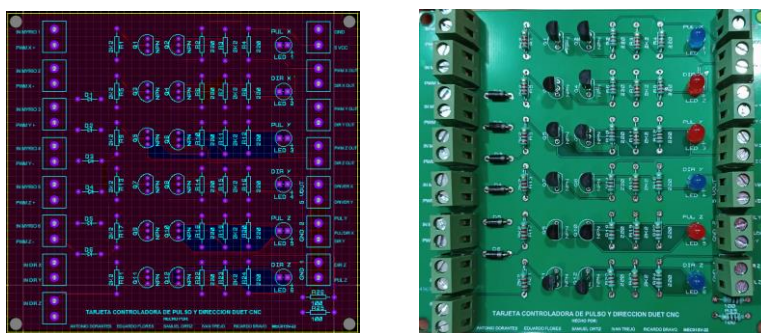


Figura 6. Diseño, fabricación y ensamble de la tarjeta de acondicionamiento de señal.

Diseño de Interfaz Gráfica para el control de los ejes, velocidad del splinde y monitoreo milimétrico de los motores

La interfaz gráfica fue completamente diseñada y programada desde cero en LabVIEW como lo muestra la figura 7, esta interfaz que es permite hacer lo siguiente:

- Controlar movimientos de ejes X+, X-, Y+, Y-, Z+ y Z-.
- Establecer distancias en milímetros que se desean recorrer con el teclado.
- Establecer las coordenadas en (0,0,0) para Home.
- Regresar a home de forma automática con un solo clic.
- Activar el giro del spindle.
- Controlar revoluciones por minuto del spindle.
- Controlar el cambio de giro del spindle.

- Detectar sensores de límite en cada eje y detener movimiento en ese sentido.

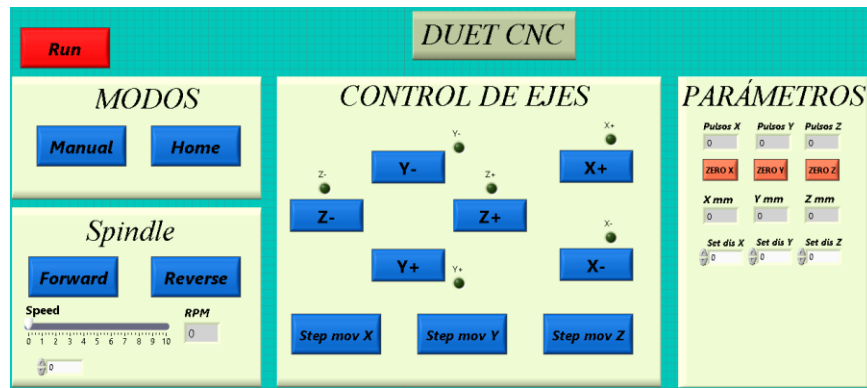


Figura 7. Interfaz gráfica en LabVIEW.

Al haber comprobado las conexiones necesarias para el funcionamiento del spindle, la tarjeta de variación de velocidad se conectó a la a una salida analógica de la tarjeta MyRIO-1900, la cual puede variar voltaje de 0 a 10 VDC, de modo que se pudiera variar la velocidad desde la interfaz de LabVIEW sin necesidad de tener un potenciómetro físico. Además, se añadió un módulo de 2 relés de modo que desde la misma interfaz se pudiera hacer el cambio de giro del spindle en caso de ser necesario. Cabe decir, que se usó un arreglo de transistores como el mencionado anteriormente para poder activar el módulo.

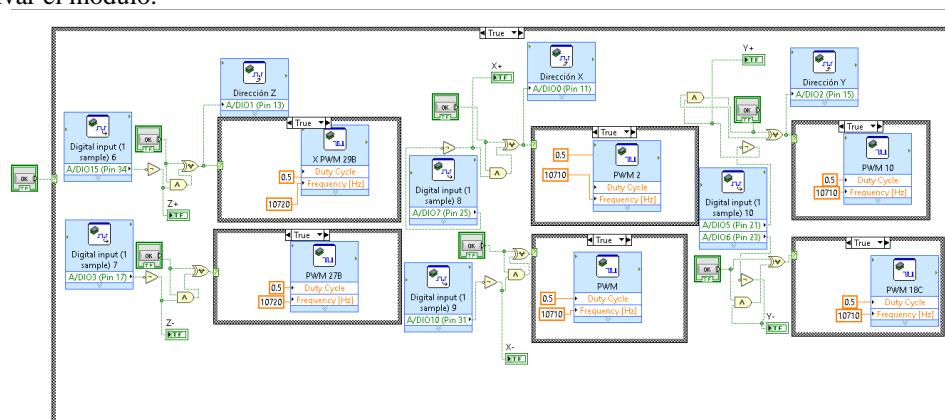


Figura 7. Diagrama a Bloques del Programa Principal en LabVIEW

Implementación de entradas Digitales para retroalimentación de finales de carrera

Para asegurar y limitar el área de trabajo de la maquina Boxford CNC DUET, se implementaron dos finales de carrera para cada eje como sensores de límite, donde se utilizaron 6 entradas digitales de la tarjeta MyRIO-1900 incluyendo la programación a bloques y haciendo uso de lógica booleana (Vizcano & Rafael, 2012), como se muestra en la figura 7. Estos sensores de limite se colocaron en la bancada de cada eje como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Ubicación de los sensores de límite de los ejes en la máquina Boxford CNC DUET.

Pruebas y ajustes con respecto al monitoreo en la Interfaz Gráfica

Se realizaron ajustes en la frecuencia de salida para los motores de cada eje, en la que se hizo uso de la ecuación de la recta para los cálculos de la relación pulsos por minuto, tomando como variable independiente los pulsos necesarios y obtener la distancia como variable dependiente recorrida en milímetros.

Con base a las pruebas realizadas se presentó el problema para el ajuste milimétrico de los motores, debido a la frecuencia, de tal manera que provocaba un desajuste al recorrer distancias a partir de los 10 milímetros sobre los ejes en un intervalo de 30 milímetros, que se pudo corregir con el cálculo antes mencionado.

En cuanto a la base de tiempo, se realizaron pruebas y ajustes de velocidad en los ejes X, Y y Z, ya que cada eje se controla de forma independiente, mediante la configuración de los parámetros en el Duty Cycle dentro de la programación a bloques de LabVIEW, como se muestra en la figura 9.

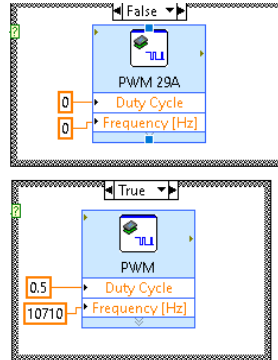


Figura 9. Configuración de frecuencia y Duty Cycle para un eje.

Resultados

En este trabajo de investigación y desarrollo tecnológico e industrial se realizó el diseño de la Interfaz Gráfica y Control de la Máquina Boxford CNC DUET, estas funciones hasta el momento permiten el control de la máquina de forma semiautomática, utilizando una comunicación inalámbrica vía Wi-Fi con la tarjeta de adquisición de datos MyRIO-1900. Usando alrededor de 30 entradas y salidas digitales además de una salida analógica. Con la programación a Bloques y la Interfaz Gráfica de Control que hace más fácil y amigable la operación del sistema, además permite manipular de forma eficiente los ejes X, Y y Z de la máquina CNC.

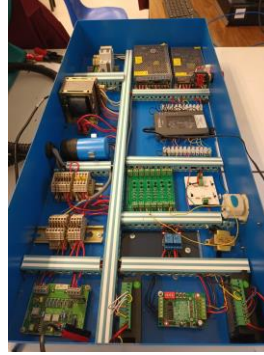


Figura 10. Tablero de Control con Tarjeta MyRIO-1900.

Conclusiones

Se logró el objetivo planteado inicialmente, pues se implementa y se pone en operación una Interfaz Gráfica de Control y Monitoreo mediante la plataforma LabVIEW y Tarjeta de Adquisición de Datos MyRIO-1900 en la Máquina Boxford CNC DUET. Esta primera etapa de desarrollo del proyecto ha sido llena de nuevos y significantes aprendizajes y desafíos, los cuales han permitido mejorar y desarrollar habilidades en los ámbitos de electrónica, diseño digital y programación en LabVIEW, brindándonos más experiencia en el control, operación y restauración de equipos CNC.

La siguiente meta o etapa para este proyecto consiste en el desarrollo de un lector de códigos G programado en su totalidad en LabVIEW, de modo que pueda ser usado dentro de la interfaz actual con el objetivo de que la máquina sea por completo automática.

Referencias

- Conti, F. (2008). *Motores Paso a Paso*. Madrid: Alsina.
- Dolwcki, J. (2018, Julio 02). *ARTSOFT Mach*. Retrieved Junio 21, 2023, from Boxford Duet desktop CNC: <https://www.machsupport.com/forum/index.php?topic=37650.0>
- National Technology and Science Press. (2014). *NI myRIO Project Essentials Guide*. Austin: Doering.
- Rossano, V. (2013). *Pretus VSM Simulación de Circuitos Electrónicos*. Buenos Aires: Fox Andina.
- Vizcano, L., & Rafael, J. (2012). *LABVIEW: Entorno Gráfico de Programación*. Madrid: Alfaomega.

Notas Biográficas

El **M. en E. R. Rufino García Mendoza** es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Su maestría en Energías Renovables la realizó en Centro de Investigación y Materiales Avanzados (CIMAV) en Chihuahua y la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica por la ESIME del Instituto Politécnico Nacional. Trabajo en el Centro Nacional de Metrología (CENAM) donde participo en el Patrón Nacional de Longitud (metro Patrón) y un Sistema de Monitoreo Ambiental para los laboratorios del CENAM. Rufino es autor de 7 artículos y es Instructor Certificador de LabVIEW con National Instruments.

El **TSU Christian Samuel Ortiz Zamora** es alumno de la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Realizó su Estadía en el Área de Proyectos de empresa Fabricaciones Industriales, S.A. con el Proyecto Herramental de Ensamble para Producción.

El **M. en A. Pablo Saúl Espinoza Aguirre** es Académico de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río. El M. en A. tiene maestría por el ITESM y la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica por la ESIME del Instituto Politécnico Nacional. Pablo Saúl es el autor de 4 artículos, fue Director de la División Industrial que contempla el Programa Educativo de TSU e Ingeniería en Mantenimiento Industrial y Procesos Productivos y Servicios Posventa Automotriz de la Universidad Tecnológica de Querétaro. Responsable de Rectoría de Universidad Tecnológica de Corregidora, actualmente es es evaluador Consejo Nacional de Normalización y Certificación.

El **M. en I. Samuel Sotelo Martínez** es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Samuel es autor de 8 artículos, es evaluador Consejo Nacional de Normalización y Certificación.

Sobreproducción y Aprovechamiento del Mezcal

Gómez Ruiz Ana Lilia¹, Reyes Sierra María del Pilar², Mendoza Ramírez Alejandro³, Núñez Mena Jennifer⁴,
Ramírez Hernández José Elier⁵.

Resumen—En la investigación se aborda la producción del mezcal y el aprovechamiento del agave en las empresas productoras de ese ramo en la Ciudad de Durango, con datos que indican la misma problemática en el Estado de Oaxaca y Zacatecas. El instrumento de investigación se aplicó a 45 personas con un total de 35 preguntas, se empleó SPSS con resultado de Alfa de Cronbach 0.824, Sperman 0.578, Pearson 0.553, y Kappa 0.552, mediante la disertación de la investigación (Lopez, 2014) se tuvo un Alfa de Cronbach 0.8453, KMO 0.99 y Bartlett menor a 0.001 comprobando así la validez del método empleado. Se obtuvieron los resultados de normalidad de 2.6, 1.42 y 1.98 satisfactorios al obtener la información con respecto a la sobreproducción y aprovechamiento del mezcal, en conclusión se cumple con el objetivo principal que es conocer el comportamiento de la producción del agave para obtener el mezcal.

Palabras clave—Agave, Mezcal, Producción, Sobreproducción.

Abstract—The investigation deals with the production of mezcal and the use of agave in the companies that produce this branch in the City of Durango, with data that indicates the same problem in the State of Oaxaca and Zacatecas. The research instrument was applied to 45 people with a total of 35 questions, SPSS was used with the result of Cronbach Alpha 0.824, Sperman 0.578, Pearson 0.553, and Kappa 0.552, through the research dissertation (Lopez, 2014) it was obtained a Cronbach Alpha 0.8453, KMO 0.99 and Bartlett less than 0.001 thus proving the validity of the method used. Satisfactory normality results of 2.6, 1.42 and 1.98 were obtained when obtaining the information regarding the overproduction and use of mezcal, in conclusion the main objective is met, which is to know the behavior of agave production to produce mezcal.

Keywords—Agave, Mescal, Production, Overproduction.

Introducción

La industria mezcalera es muy importante para la economía en México. Desde hace muchos años ha estado vinculada con el desarrollo del país.

El agave es una planta que se da en zonas áridas y se distingue por sus pencas largas, angostas y rígidas de color azul, las cuales forman los tallos de las hojas. En el centro de la planta llamada piña, se acumula el jugo natural el cual contiene muchas propiedades vitamínicas y partículas grasas que le dan ese tan distinguido sabor y olor. El agave mezcalero se siembra al inicio de la temporada de lluvias y tarda de 6 a 8 años en madurar para poder jimarse, extraer la piña y así realizar el proceso para obtener el mezcal. En Durango existe una variedad de 18 principales tipos de agave, el mezcalero es el *Agave Parryi* al cuál los productores llaman agave mezcal, es una especie de suculenta formada por rosetas de hasta 160 hojas anchas y de un color que va desde gris plateado hasta verde claro. Es muy resistente a la sequía y al frío, aguantando temperaturas hasta de -15°C. Otra de las maravillas de éste agave es que del centro le crece una vara de hasta 3 metros con una flor amarilla que se puede comer y es muy utilizada en la sierra para diferentes platillos, tiene el nombre de Bayusas.

El agave que utilizan en Durango para la producción del mezcal tiene forma de piña que es de donde salen sus pencas con púas. Esa piña es la cabeza del agave y es la parte aprovechable para éste proceso. También es utilizado para fabricar tequila, y el proceso es muy similar, la diferencia radica en que se fabrica industrialmente, con normas de calidad y tiene denominación de origen.

Antecedentes

El uso de métodos como observaciones, encuestas y etnografía. Y el impacto de la pandemia ayudó a que se realizaran por medio de video llamadas y en línea para ver la evolución de cultivos y agaves para la elaboración del mezcal (Garza, 2022). En el estudio (Plaza, 2022) se habla del proceso de cinco etapas para la producción del mezcal que son cosechar, cocinar, triturar, fermentar y destilar el agave. En (Vera, Ferman, & Canales, 2021) se encuentra mediante un método cualitativo un circuito de venta de mezcal para pequeños productores o productores artesanales. Y se les considera así ya que son muy pocos los productores que se certifican para poder obtener el título de producto

Gómez Ruiz Ana Lilia. Estudiante del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México.
C18041700@itdurango.edu.mx (autor corresponsal)

² Reyes Sierra María del Pilar. Profesora del departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México. mariapilareyes@itdurango.edu.mx

³ Mendoza Ramírez Alejandro. Profesor del departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México. amendoza@itdurango.edu.mx

⁴ Núñez Mena Jennifer. Estudiante del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México.
18040297@itdurango.edu.mx

⁵ Ramírez Hernández José Elier. Estudiante del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México.
19040235@itdurango.edu.mx

certificado, ya que cuestan lo mismo con o sin certificado. En (Jiménez, 2019) se realiza una investigación sobre las plantas de agave para así determinar sus especies para su elaboración artesanal y aprovechar la mayor parte de sus atributos y sobre todo la disponibilidad de las diferentes especies de plantas, las encuestas se aplicaron a los productores para obtener los resultados y obtener una jerarquización y obtener puntajes sobre las plantas. Los más altos fueron arrequenio agave americana de Oaxaca, puntuación media se encontró a los tobala agave potorum y este se encuentra en estado silvestre así que se encuentra en escasos por la exportación y en puntajes bajos al mexicano agave rodcantha, al jabalí con menor rendimiento, estos análisis de estudio ayudo a conocer la sobreproducción y desabasto de cada especie de agaves en México y su demanda. En el estudio de (Barrientos, 2020) realizaron una investigación como la nuestra ya que hicieron encuestas semiestructuradas a informantes que son clave (productores de maguey-mezcal), así como efectivos recorridos de campo y observaciones. El maguey es esencial en la economía de varias familias rurales de estas regiones para elaborar el mezcal, la actividad del agave y el mezcal se encuentra bajo amenaza en cuanto a las condiciones ambientales desfavorables y la sobreexplotación de otras abundantes plantas, por lo que todos los productores participantes en el estudio consideraron que es indispensable para el desarrollo de actividades para conservar el agave entre la familias para así integrarlas a la dinámica de producirlas y conservarlas, no es tan sólo de las plantas, sino de conocimientos y los valores que se pueden compartir y que permiten mantener viva una tradición de años de producir maguey y mezcal; un ámbito donde la comunidad científica que desempeña un papel que se nota en apoyo de este esfuerzo.

Durango es uno de los 9 estados con derecho a la denominación de origen del mezcal, la cual solo tienen Guerrero, Guanajuato, Michoacán, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y por supuesto Durango. El tema de sobreexplotación del agave es tratado por CONAZA para tratar la reforestación en zonas áridas. (Solís, 2019) Comenta que Durango se encuentra en la segunda posición de mayores productores de mezcal en la república, produciendo casi 90,000 litros al año. Los productores registrados hasta 2019 en el estado eran 27 de las cuales 18 ya estaban certificadas bajo todas las NOM necesarias.

(Baron, 2021) El crecimiento de la producción de tequila y mezcal en México ha crecido tanto que en 2014 se tienen registrados 1.5 millones de litros y en 2021 se llegaron a cifras de 8.1 millones de litros.

Metodología

Procedimiento

El enfoque de la investigación es cuantitativo dado que se recopilaron datos sobre conceptos, opiniones y experiencias de personas que trabajan en la producción del mezcal.

El alcance en el que nos basamos para la investigación es del tipo exploratorio, ya que se indagó dentro de las características de la producción del mezcal y de los tipos de agave existentes en Durango.

El instrumento de investigación se obtuvo de (González, 2018) la cual consta de 30 preguntas con respuestas en escala de Likert y nosotros adaptamos 5 más para profundizar con el entrevistado y brindar confianza. Las preguntas adicionales son referentes al sexo de la persona, consumo, tonalidad de preferencia, aroma que percibe y sensación. La entrevista fue realizada a empleados en general de empresas productoras de mezcal en Durango y sus municipios más cercanos a la capital, algunas fueron en línea y otras fueron de manera presencial, dado que el proyecto comenzó a realizarse desde el 2022 y todavía existían algunas restricciones por la pandemia.

Los resultados de normalidad los tomamos de las preguntas ¿Consumirías el mezcal de un influencer? Con una media de 2.6 y desviación típica de 0.915. La siguiente pregunta es ¿Crees que el mezcal se debería de exportar al extranjero? Con una media de 1.42 y desviación típica de 0.866. Y por último la pregunta ¿Consume el mezcal solo? Con una media de 1.98 y una desviación típica de 1.177.

La disertación la tomamos de (Lopez, 2014) se aplicó una encuesta de 35 preguntas y para los cálculos eliminamos 6 que no nos permitían tomar bien los cálculos obteniendo un alfa de Cronbach de 0.8453, un nivel de confianza del 95%; $p = q = 0.5$; KMO 0.99 y Bartlett menor a 0.001 comprobando así la validez del método empleado.

El sujeto de investigación por sus características colectivas fueron trabajadores de empresas productoras de mezcal en Durango para cumplir con el enfoque cualitativo de la investigación.



Figura 1. Planta del Agave Mezcalero.

Resultados

Al finalizar la recolección de resultados, completando la muestra solicitada en la aplicación del instrumento de investigación se obtuvieron una serie de índices de credibilidad y correlación necesarios para comprobar el cumplimiento de los objetivos propuestos al principio del documento. Estos índices se obtuvieron mediante el uso del programa estadístico SPSS y son: “Alfa de Cronbach”, “Medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de adecuación del muestreo”, “Prueba de esfericidad de Bartlett” además del “Rho de Spearman” y la “Correlación de Pearson”; los cuales se expondrán y explicarán en seguida.

Este estadístico mide la fidelidad basada en las respuestas recabadas en el instrumento de investigación, dicho índice se calcula de 0.0 a 1.0, siendo los valores mayores a 0.8 los óptimos para demostrar la fidelidad del mismo. En la presente investigación se obtuvo un valor de alfa de Cronbach de 0.824 (Tabla 1), aceptando la fidelidad del mismo.

El alfa de Cronbach indica que las respuestas siguen una fiabilidad siendo las respuestas del instrumento de investigación completamente opuestas. Entre más cercano sea el resultado a 1, existe mayor nivel de fiabilidad.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.824	.829	27

Tabla 1. Índice de Cronbach

En conjunto con el índice KMO calcula la relación que existe entre cada una de las variables, al igual que prueba la hipótesis nula de que las variables se correlacionan entre sí; aunque por sí sola, para el caso del proyecto no es de suma importancia, es importante obtenerla para probar la veracidad del índice KMO. (Tabla 2).

El estadístico KMO indica la varianza entre las respuestas y el cómo se relacionan una con la otra sin que se note abiertamente. Mientras más cercano sea el resultado a 1, mayor es la varianza.

KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		.841
	Chi-cuadrado aproximado	57.944
Prueba de esfericidad de Bartlett	Gl	15
	Sig.	.000

Tabla 2. Índice KMO y Bartlett

Según el índice de Pearson:

Se encontró un índice de .553 (Figura 3) arraigado a dos variables. En este caso, las variables con mayor correlación presente en el cuestionario fueron las preguntas #8 y #27

Lo que indica una relación directa entre el aproximado en pesos que el cliente gasta en mezcal y la cantidad media que está dispuesto a pagar por el mismo.

El índice de Pearson es una prueba que mide estadísticamente la relación entre dos variables y los resultados favorables van de +1 a -1.

		Correlaciones																												
		Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores
Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	1																												
	Reg. (ordenados)	0.553																												

Tabla 3. Rho de Pearson

En cambio según el índice de Spearman:

Nos arroja un índice mayor de .578 (Figura 4) arraigado a lo siguiente. Apparently los consumidores de mezcal están dispuestos a gastar una mayor cantidad de dinero dependiendo de los factores organolépticos o de marketing presentes en la marca o envase de la bebida.

Con el índice de Spearman se mide la correlación y asociación entre dos variables.

		Correlaciones																												
		Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores	Comentarios de consumidores
Índice de Spearman	Comentarios de consumidores	1																												
	Reg. (ordenados)	0.578																												

Tabla 3. Coeficiente de Spearman

El índice de Kappa de Cohen es utilizado para verificar la significancia entre la relación de dos variables notadas por análisis anteriores. En este caso se usaron las variables correspondientes a las preguntas #8 y #27 (Figura 5). Es una medida de concordancia la cual se encarga de verificar que los datos se puedan comparar al azar.

Medidas simétricas				
	Valor	Error típ. asint ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Medida de Kapp	.812	.090	5.939	.000
acuerdo a				
N de casos válidos	53			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Tabla 5. Índice Kappa de Cohen

Conclusiones

En conclusión en la investigación se cumple con el objetivo principal el cual es conocer el comportamiento de la producción del agave para obtener el mezcal. Como recomendación hay que buscar muy bien los tipos de agaves para poder enfocarse en el específico para la producción. El cuestionario que entregamos a los trabajadores fue con el fin de que se tomara conciencia de cuanto producen sin plantar ni siquiera la misma cantidad.

El instrumento aplicado fue de mucha utilidad dado que solo tuvimos que quitar de los resultados las preguntas que se agregaron aparte para brindar confianza al trabajador, y con las que nos brindó (González, 2018) fue más que suficiente para lograr el objetivo de conocer el comportamiento de la producción.

REFERENCIAS

- Baron, C. (2021). *Producción de mezcal en México de 2014 a 2021*. Obtenido de Producción de mezcal en México de 2014 a 2021: <https://es.statista.com/estadisticas/1228940/produccion-mezcal-mexico/#:~:text=M%C3%A9xico%3A%20producci%C3%B3n%20de%20mezcal%202014%2D2021&text=Junto%20con%20el%20equila%2C%20la,8%2C1%20millones%20de%20litros>.
- Barrientos, R. G. (18 de 09 de 2020). *Conocimiento tradicional y academia: productores de maguey y mezcal de pequeña escala en las regiones Norte y Centro de Guerrero, México*. Obtenido de Conocimiento tradicional y academia: productores de maguey y mezcal de pequeña escala en las regiones Norte y Centro de Guerrero, México: <https://revistas.ecosur.mx/sociedadambiente/index.php/sya/article/view/2173>
- Garza, D. G. (2022). *La modernización de la tradición. Algunos apuntes sobre la producción de mezcal*. Obtenido de La modernización de la tradición. Algunos apuntes sobre la producción de mezcal: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2395-91692021000100113&script=sci_arttext
- González, G. B. (2018). *Calidad en el proceso de alimentos y bebidas en un hotel en Ecuador*. Ecuador.
- Jiménez, M. R. (2019). *AGAVES SILVESTRES Y CULTIVADOS EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE MEZCAL EN SOLA DE VEGA, OAXACA, MÉXICO*. Obtenido de AGAVES SILVESTRES Y CULTIVADOS EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE MEZCAL EN SOLA DE VEGA, OAXACA, MÉXICO: <file:///C:/Users/cplou/Downloads/2750-12268-2-PB.pdf>
- Lopez, N. G. (2014). *Contaduría y administración*. Obtenido de La cadena de suministro del mezcal del estado de Zacatecas. Situación actual y perspectivas de desarrollo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-10422014000200010&script=sci_arttext
- Plaza, M. A. (2022). *Mezcal Production in Mexico: Between Tradition and Commercial Exploitation*. Obtenido de Mezcal Production in Mexico: Between Tradition and Commercial Exploitation: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2022.832532/full>
- Solís, N. E. (29 de Noviembre de 2019). *Agronoticias*. Obtenido de Durango, segundo productor de mezcal: <https://agronoticias.com.mx/2019/11/29/durango-segundo-productor-de-mezcal/>
- Vera, J. H., Ferman, P., & Canales, J. M. (2021). *Complejidad y trayectoria del sistema productivo mezcal en la sierra sur de Oaxaca, México*. Obtenido de Complejidad y trayectoria del sistema productivo mezcal en la sierra sur de Oaxaca, México: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229879>

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿De dónde se obtiene el mezcal?
2. Sexo
3. ¿Qué edad tiene?
4. ¿Con que frecuencia consume mezcal?
5. ¿Dónde ha consumido mezcal?
6. ¿Cuánto pagaría por una botella de mezcal?
7. ¿Por qué decide comprar cierta bebida alcohólica?
8. ¿Qué bebida alcohólica prefiere?
9. ¿Cómo consume el mezcal?
10. ¿Qué mezcal es de Durango?

11. ¿Considera el mezcal como una bebida artesanal?
12. ¿Qué estado es el principal productor de mezcal?
13. ¿Cuántos grados de alcohol puede tener el mezcal?
14. ¿Consideras como un problema la sobreproducción del mezcal?
15. ¿Qué tipo de mezcal te gusta más?
16. ¿Qué aroma prefieres en el mezcal?
17. ¿Confiarías en una botella de mezcal sin etiqueta?
18. ¿Crees que el precio de una botella de mezcal indica su calidad?
19. ¿Comprarías una botella de mezcal por su popularidad?
20. ¿Dónde comúnmente adquieres el mezcal que consumes?
21. ¿Qué nombre te inspira más confianza si lo ves en una botella de mezcal?
22. ¿Consumes el mezcal solo?
23. ¿Crees que el mezcal se debería de exportar al extranjero?
24. ¿Consumirías el mezcal de un influencer?
25. ¿Cuánto dinero pagarías por una copa de mezcal?
26. La sensación del sabor del mezcal te parece:
27. ¿Comprarías alguna imitación de mezcal importado?
28. Cuando bebes mezcal, ¿Cuántas copas consumes?
29. ¿Consideras una buena inversión el abrir una compañía de mezcal?

Diseño de un Sistema de Control a Lazo Cerrado para Aerogeneradores de Baja Potencia

Mtro. Roberto Adrián González Domínguez¹, Mtro. Javier Alonso Ramírez Torres², Dr. Víctor Andrés González Domínguez³, Manuel Antonio Rodríguez Zurita⁴, Abril Hernández Morales⁵ y Enrique Gómez Castillejos⁶.

Resumen. — En este proyecto se implementó el diseño de un sistema de control a lazo cerrado de un túnel de viento. Para el diseño del sistema de control de velocidad de viento ajustado a diferentes perfiles de viento se contemplaron diferentes aspectos; diseño del sistema de control mediante control PID y sus fórmulas generales, parámetros específicos del sistema e impresión del diseño del prototipo funcional.

Palabras clave. — Control de velocidad, túnel de viento, ventilador eléctrico, aerogeneradores, control PID.

Introducción

Los aerogeneradores son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. Estos pueden ser clasificados en dos categorías principales: aerogeneradores de baja potencia y aerogeneradores de alta potencia.

Los aerogeneradores de baja potencia se utilizan comúnmente para aplicaciones residenciales o de pequeña escala, como en sistemas de energía eólica domiciliarios. Estos pueden producir entre 100 Watts y 10 KWatts de energía y son usualmente instalados en torres de menos de 9.144 metros de altura.

Por otro lado, los aerogeneradores de alta potencia son utilizados en parques eólicos comerciales y pueden generar desde varios cientos de kilovatios hasta varios megavatios de potencia. Estos son instalados en torres de mayor altura, ya que los vientos son más fuertes y constantes a mayores alturas.

La generación de energía eólica a partir de aerogeneradores de baja potencia se ha convertido en una solución cada vez más popular para aplicaciones domésticas, rurales y pequeñas instalaciones. Para garantizar un rendimiento óptimo y una operación estable, es fundamental contar con un sistema de control eficiente y preciso. En este contexto, el sistema de control a lazo cerrado desempeña un papel crucial.

El sistema de control a lazo cerrado para aerogeneradores de baja potencia se basa en el principio de retroalimentación constante, donde se monitorea y ajusta continuamente el funcionamiento del aerogenerador en función de las condiciones del viento y otros parámetros relevantes. Este enfoque permite maximizar la eficiencia de generación de energía, optimizar la orientación y velocidad del rotor, y mantener una operación segura y estable.

El diseño de este sistema implica la integración de diferentes componentes clave, como sensores para medir la velocidad del viento y otras variables, un controlador que procesa la información de los sensores y genera señales de control adecuadas, y actuadores que ajustan la orientación y la velocidad del rotor en respuesta a las condiciones cambiantes.

La utilización de algoritmos de control avanzados, como los basados en estrategias PID (proporcional, integral y derivativo), permite ajustar de manera precisa los parámetros del aerogenerador para lograr un seguimiento óptimo de la velocidad del viento y una respuesta dinámica adecuada a las variaciones del entorno.

Además, el sistema de control a lazo cerrado para aerogeneradores de baja potencia también incorpora medidas de protección y seguridad, como sistemas de frenado de emergencia y límites de velocidad del viento, para salvaguardar la integridad del equipo y prevenir situaciones peligrosas.

¹Mtro. Roberto Adrián González Domínguez es estudiante de doctorado en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Roberto.gonzalezd@e.unicach.mx

²Mtro. Javier Alonso Ramírez Torres es estudiante de doctorado en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Javier.ramirez@e.unicach.mx

³Dr. Víctor Andrés González Domínguez es profesor de asignatura en la Universidad Politécnica de Chiapas. vgonzalez@im.upchiapas.edu.mx

⁴Manuel Antonio Rodríguez Zurita es estudiante de ingeniería mecatrónica en la Universidad del Valle de México. A650111973@my.uvm.edu.mx

⁵Abril Hernández Morales es estudiante de ingeniería mecatrónica en la Universidad del Valle de México. A650075986@my.uvm.edu.mx

⁶Enrique Gómez Castillejos es estudiante de ingeniería mecatrónica en la Universidad del Valle de México. A340335835@my.uvm.edu.mx

La monitorización y visualización del rendimiento del aerogenerador se realiza a través de una interfaz de usuario, que permite supervisar variables clave, como la potencia generada, la velocidad del viento y el estado general del sistema.

En el proyecto se busca diseñar un sistema de control a lazo cerrado utilizando la técnica de control PID (proporcional, integral y derivativo) en un túnel de viento, al cual se le tiene que implementar dicho control, con el propósito de poder realizar pruebas.

En la **figura 1** se muestra el diseño del sistema de control a lazo cerrado que se implementará en una planta cuya composición se describe a continuación:

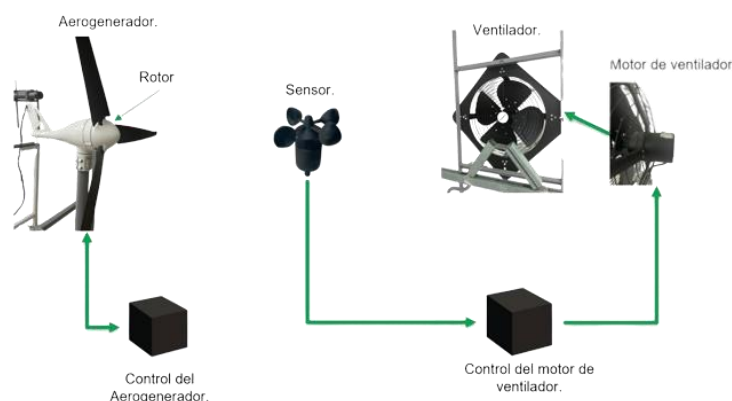


Figura 1. Composición del sistema a controlar.

En la tabla 1 y 2 se muestran las especificaciones del sistema a controlar:

Especificaciones del túnel de viento	
Modelo	Turbina Eólica SUNFORCE de 400 Watt
Potencia nominal	400W
Voltaje de salida	12-14 Volts DC
Amperaje máximo	27A
Velocidad del viento de arranque	3.12928 m/s

Tabla 1. Parámetros del túnel de viento. (SUNFORCE, 2016)

Especificaciones del actuador:	
Marca	MASTERFAN
Modelo:	TRITON 20
Voltaje	127 V ~
Frecuencia	60Hz
Potencia	240 W
Caudal	5700m ³ /h
Velocidad	1640 r/min

Tabla 2. Parámetros del actuador. (MASTERFAN, 2015)

Metodología

Procedimiento

A. **Diseño del sistema de control a lazo cerrado para aerogeneradores de baja potencia**, el cual contempla los siguientes aspectos:

1. **Diseño del control PID (proporcional, integral y derivativo)**. Mediante las siguientes formulas generales:

Proporcional: Ajusta la salida en proporción a la magnitud del error.

- Valor constante.

Integral: Ajusta la salida en proporción a la integral del error.

- $\Delta u/\Delta t$.

Derivativo: Ajusta la salida en proporción a la derivada del error.

- $1/s$.

2. **Diseñar diagrama eléctrico del sistema de control.** Para lograr elaborar el diseño del diagrama eléctrico del sistema de control fue necesario hacer uso del software “Proteus” (versión 8.12), con un voltaje inducido al Amplificador operacional (OPAMP Lm358) de 15V.
3. **Diseñar el sensor de velocidad de viento.** Para obtener el diseño del sensor de velocidad de viento usamos el programa Solidworks versión 2022 con el propósito de lograr adquirir el diseño 3D, para después imprimir las piezas mediante una impresora 3D.



Figura 2. Diseño 3D de sensor de velocidad de viento (anemómetro).

4. **Diseñar estructura de la base del sensor de velocidad de viento.** Para realizar el diseño de la estructura base del anemómetro hicimos uso de Solidworks versión 2022 para lograr el diseño 3D.
- B. **Diseño del sistema de control, impresión del prototipo,** que permita realizar evaluaciones y ajustes en un entorno controlado:
1. **Ensamble del sensor de velocidad de viento (anemómetro).**
 2. **Evaluación de la estructura de la base del sensor de velocidad de viento.** Para realizar el ensamble de la estructura base del anemómetro usamos como material el perfil de PTR de 1 pulgada, para realizar el corte usamos una esmeriladora angular, esmeriladora de banco y para las perforaciones hicimos uso de un taladro.

Resultados

Sistema de control lazo cerrado:

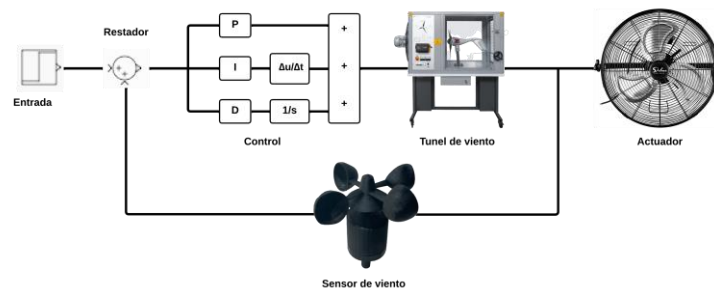


Figura 3. Diagrama a bloques del sistema de control.

- **Entrada:** En el sistema de control a lazo cerrado, la entrada es la variable o señal que se desea controlar o regular.

- **Restador:** El restador es un componente del sistema de control a lazo cerrado que realiza la operación de resta entre la señal de entrada y la señal de realimentación.
- **Control:** Es el proceso mediante el cual se manipulan las variables de entrada o las acciones correctivas con el objetivo de mantener o ajustar la salida del sistema de acuerdo con un valor de referencia deseado.
- **Túnel de viento:** Es una instalación utilizada en diversos campos, como: la aerodinámica, para simular y estudiar el flujo de aire alrededor de objetos, como vehículos, aviones, edificios, entre otros.
- **Actuador/ventilador:** Es el componente encargado de convertir la señal de control proveniente del controlador en una acción física o cambio en el sistema controlado.
- **Sensor de viento:** Dispositivo utilizado para medir la velocidad o dirección del viento. En un sistema de control a lazo cerrado, el sensor de viento proporciona información sobre las condiciones reales del viento en el entorno del sistema.
- **Señal enviada al controlador:** La señal enviada al controlador en un sistema de control a lazo cerrado es la señal de error generada por el restador. Esta señal representa la diferencia entre la salida real del sistema y la salida deseada o de referencia.

Diseño eléctrico del sistema de control:

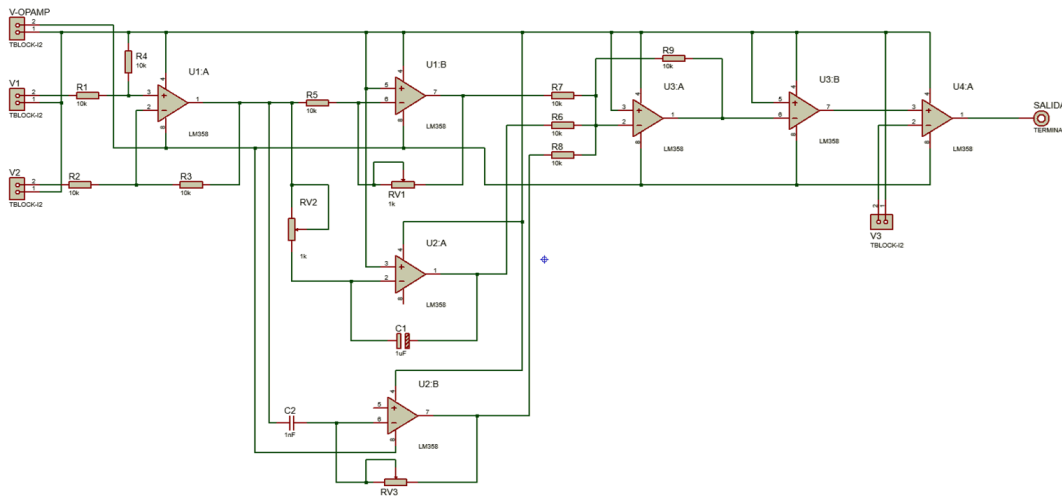


Figura 4. Circuito eléctrico PID.

Ensamble del sensor de velocidad del viento (anemómetro):



Figura 5. Sensor de viento impreso en 3D.

Sitio de prueba:

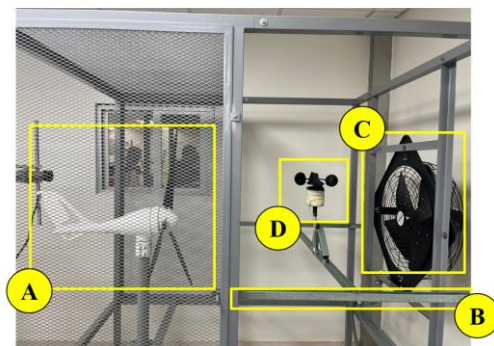


Figura 6. A) Aerogenerador, B) Base del sensor, C) Actuador, D) Sensor de viento.

Conclusiones:

Los resultados que se obtuvieron demuestran que, el diseño del sistema de control a lazo cerrado para aerogeneradores de baja potencia es efectivo, puesto que puede llegar a regular la velocidad del viento en un túnel de viento. El enfoque basado en el control PID, junto con la consideración de los parámetros específicos del sistema y la implementación práctica del prototipo funcional, ha permitido obtener un sistema de control robusto y adaptable a diferentes condiciones de viento.

Limitaciones:

Modelado inexacto: El diseño del control PID se basa en un modelo matemático del aerogenerador. Sin embargo, los modelos pueden contener simplificaciones y aproximaciones que pueden no representar con precisión el comportamiento real del aerogenerador de baja potencia. Esto puede llevar a discrepancias entre el rendimiento teórico esperado y el rendimiento real del sistema.

Respuesta lenta a cambios rápidos: Los controladores PID son relativamente simples y no tienen la capacidad de adaptarse rápidamente a cambios bruscos en las condiciones de operación del aerogenerador. Esto puede resultar en una respuesta lenta a perturbaciones repentinas, como ráfagas de viento fuertes, lo que puede afectar la estabilidad y eficiencia del aerogenerador.

Dependencia de la sintonización: La efectividad del control PID depende en gran medida de la sintonización adecuada de sus parámetros (ganancia proporcional, constante integral y constante derivativa). La sintonización incorrecta puede conducir a respuestas inestables, oscilaciones o incluso inestabilidad total del sistema. La sintonización de un controlador PID para aerogeneradores de baja potencia puede ser un desafío debido a la variabilidad y no linealidad de las condiciones del viento.

Limitaciones en la compensación de perturbaciones no lineales: Los controladores PID son eficaces para compensar perturbaciones lineales en el sistema. Sin embargo, pueden tener dificultades para abordar perturbaciones no lineales, como turbulencias en el viento. Estas perturbaciones pueden introducir errores en el control y afectar la producción de energía del aerogenerador.

Adaptabilidad limitada a diferentes condiciones operativas: El control PID es un enfoque estático y no se adapta automáticamente a diferentes condiciones operativas. Para garantizar un rendimiento óptimo, el control PID puede requerir una re-sintonización manual o ajuste de parámetros en función de los cambios en la velocidad del viento, la carga o las características del generador. Esto puede resultar en una operación subóptima si no se realiza la actualización adecuada.

Recomendaciones:

Un control PID (Proporcional-Integral-Derivativo) es un tipo de controlador que se utiliza para controlar variables como la velocidad. Para su aplicación en el control de velocidad de un modelo de sistema de control a lazo cerrado de un perfil de viento para aerogeneradores de baja potencia, algunas recomendaciones:

Identificar el objetivo del control de velocidad: ¿Se trata de mantener la velocidad constante o de ajustarla para seguir un perfil de viento específico? Dependiendo del objetivo, se pueden ajustar los parámetros del control PID para optimizar el rendimiento.

Ajustar los parámetros del control PID: El controlador PID tiene tres parámetros que deben ser ajustados para que el sistema funcione correctamente: el término proporcional, el término integral y el término derivativo. Estos parámetros pueden ser ajustados experimentalmente o mediante el uso de algoritmos de optimización.

Utilizar un modelo de perfil de vientos: El modelo de perfil de vientos debe ser diseñado de tal manera que pueda proporcionar una entrada de velocidad de viento para el controlador PID. Los modelos de perfil de vientos están diseñados para simular la variación de la velocidad del viento en función de la altura y el tiempo.

Implementar un sistema de medición de velocidad: El sistema de medición de velocidad debe ser capaz de proporcionar una señal de retroalimentación al controlador PID. Esto permite al controlador PID ajustar la velocidad en función de las condiciones del viento en tiempo real.

Realizar pruebas y ajustes: Una vez que se haya construido el controlador de velocidad y se haya integrado con el modelo de perfil de vientos y el sistema de medición de velocidad, es necesario realizar pruebas para verificar su funcionamiento. Si se detectan problemas, se deben realizar ajustes en los parámetros del control PID para mejorar el rendimiento.

Es importante recordar que el diseño de un controlador PID para el control de velocidad requiere un conocimiento profundo de la teoría de control y de la física de los fluidos.

Referencias

Acar, C., & Barak, S. (2017). Aerogenerators for small-scale wind power conversion. *Journal of Cleaner Production*, 142, 679-693.

Hansen, M. H., & Butterfield, S. (2003). Aerogenerator design optimization. *Wind Energy*, 6(2), 119-128.

González, A. (s. f.). Control de Velocidad de Aerogenerador mediante Realimentación de Variables de Estado. <https://www.redalyc.org/journal/5075/507555007004/html/> Redalyc. (s. f.). Redalyc. Recuperado 17 de abril de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/5537/553756884004.pdf>

Parker, S., & Tang, X. (2021). *Aerogenerators: technology, design, and implementation*. Springer.

Sunforce Products. (2016). Model 44444 Manual [Archivo PDF]. Recuperado de <https://sunforceproducts.com/wp-content/uploads/2016/11/Model-44444-Manual.pdf>

Masterfan. (2022). Masterfan ventiladores industriales. Recuperado de: <https://www.masterfan.com.mx/>

El Sol: Recurso Invaluable y Sostenible

Angelina González Rosas¹, Blanca Andrea Ortega Marín², Gildardo Godínez Garrido³

Resumen – El incremento de temperatura a nivel regional es cada día es más evidente, el planeta lo está resintiendo en el desequilibrio de los procesos climatológicos, ocasionando que el calentamiento global sea una de las causas de esta descompensación y también la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyen a la alteración del clima. Si bien el Sol hace su labor de irradiar hacia el espacio la energía que en su interior genera y así cada planeta lo absorbe de acuerdo a su manera y lo vuelve a irradiar, sin embargo lo que la Tierra hace con esa energía no ha dejado de cambiar en los últimos 200 años, pero lo que los seres humanos hacemos sí tiene que ver con el deterioro ya que se contribuye en la producción de gases de efecto invernadero que atrapan el calor. Es importante reestablecer los ecosistemas, disminuir la contaminación ambiental, proveer servicios que mejoren la calidad de vida de los habitantes, minimizar el subsidio de energía eléctrica convencional e impulsar la sostenibilidad de las regiones más desfavorecidas -aprovechar la energía solar para generar energía amigable con el medio ambiente- económica y que sustituyan a los combustibles fósiles. Por tanto es necesario terminar con la dependencia de este tipo de combustibles e invertir en fuentes alternas de energía que sean limpias, accesibles, asequibles, sostenibles y confiables.

Palabras clave. Energía solar, energía limpia, recurso sostenible

Introducción

El sistema energético mundial actual se basa en el consumo de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural los cuales debido al crecimiento poblacional se están agotando rápidamente. Es importante considerar que el agotamiento de las reservas de estos combustibles es una realidad indiscutible (Rufes, 2010). De acuerdo a Peláez Javier (2023) en 2009 científicos de diferentes campos científicos enunciaron el concepto de límites planetarios –nueve procesos claves para la estabilidad de la Tierra- la flexibilidad y la adaptabilidad de la vida es increíble, sin embargo tiene sus límites (BBVA, S/F).

Los límites planetarios son la destrucción de la capa de ozono, cambio climático, destrucción de la biosfera, contaminación química, la acidificación de los océanos, ciclos de fósforo y nitrógeno, el consumo de agua dulce, modificación de los usos del suelo y los aerosoles atmosféricos (BBVA, s/f). La sequía ha venido a afectar estos límites planetarios dando origen a problemas como el incremento de las sequías, de acuerdo al informe “*una trayectoria ascendente en la duración de las sequías y la gravedad de sus impactos implica* que el número y la duración de las sequías han aumentado un 29% desde el año 2000, las sequías representan el 15% de las catástrofes naturales, cobrando aproximadamente 650.000 muertes entre 1970 y 2019, han causado pérdidas económicas mundiales de aproximadamente 124.000 millones de dólares entre 1998 y 2017, más de 2300 millones de personas se encuentran en situación de estrés hídrico en 2022; cerca de 160 millones de niños están expuestos a sequías graves y prolongadas (UN, 2022). Se estima que para el año 2023 aproximadamente 700 millones de personas estarán en riesgo de desplazamiento por causas relacionadas a las sequías, para el año 2040 uno de cada cuatro niños vivirá en áreas con escasez extrema de agua y para 2050 las sequías pueden afectar a más de las tres cuartas partes de la población mundial y que entre 4800 y 5700 millones de personas vivirán en áreas con escasez de agua durante al menos un mes cada año, frente a los 3600 millones actuales (NU, 2022).

En la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD), el secretario ejecutivo de la misma Ibrahim Thiaw indicó que “una trayectoria ascendente en la duración de las sequías y la gravedad de sus impactos” afectarán las sociedades y a los sistemas ecológicos de los que depende la supervivencia de toda la vida, incluida la de nuestra propia especie (NU, 2022). Por otro lado el agua se ha convertido en un elemento clave para abordar las cuestiones de la seguridad alimentaria, la seguridad energética y la sostenibilidad ambiental (Aslov, 2013) y al mismo tiempo desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la humanidad (Rahmon, 2018). El rápido ritmo de la urbanización y el crecimiento demográfico están acelerando los procesos globales, como consecuencia se están afectando los recursos hídricos (Aslov, 2013). Una de cada tres personas en todo el mundo no tiene acceso a agua potable limpia (WHO, 2019).

Los problemas relativos a la escasez y el deterioro de la calidad del agua son cada vez más urgentes de atender, el valor del agua ha aumentado de manera drástica (Rahmon, 2018) situación que está repercutiendo en el calentamiento

¹ Angelina González Rosas, Profesora de Tiempo Completo, Ingeniería en Energías Renovables, Área Electromecánica Industrial de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, agonzalez@utectulancingo.edu.mx (autor corresponsal).

² Blanca Andrea Ortega Marín es Profesora de Tiempo Parcial, Ingeniería en Energías Renovables del Área electromecánica Industrial de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México, blancaortega@utectulancingo.edu.mx.

³ Gildardo Godínez Garrido es profesor de Tiempo Completo de la Ingeniería en Mecatrónica del Área Electromecánica Industrial de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México, gildardo.godinez@utectulancingo.edu.mx.

global y a su vez en cambios en los aspectos físicos y químicos de la tierra (Duran et al., 2010), la tierra y los suelos constituyen la base para el desarrollo sostenible de la agricultura, las funciones esenciales de los ecosistemas, y la seguridad alimentaria, y por lo tanto son la clave para sostener la vida en la Tierra (FAO, 2015).

El dióxido de carbono ha sido un aliado durante millones de años, pero también tiene un límite, si se supera las 350 partes por millón (ppm) de CO₂ en la atmósfera, el calentamiento se dispara entonces la relativa estabilidad climática quedará comprometida, los estudios indican que ya se está cerca de las 420 ppm (BBVA, 2023).

Otra situación delicada es la pérdida de la biodiversidad, más de un millón de especies están en peligro de extinción, las especies domésticas lo dominan todo y no se deja cambiar el entorno para alimentarlas, sin embargo el límite de la biosfera aún no está bien cuantificada. La concentración de sustancias con efecto tóxico –metales pesados e hidrocarburos hasta micro y nanoplásticos- se están acumulando en cualquier rincón del planeta (BBVA, s/f).

El desequilibrio resultante de la emisión de gases que potencian ese efecto invernadero está incrementando las temperaturas globales, ocho de los diez años más calurosos desde que existen esos registros se han producido en la última década (BBVA, 2023). La escalada de temperaturas continuará y las previsiones apuntan a que en los próximos cinco años estos nuevos récords se volverán a batir. La Organización Meteorológica Mundial advirtió en su último informe que, será superado -el 1,5 grados antes de que acabe el siglo- y hay un 66% de posibilidades de que se superen por primera vez entre 2023 y 2027 (Peláez, 2023).

La transición a un mundo con cero emisiones supone uno de los mayores retos a los que se ha enfrentado la humanidad. Exige, ni más ni menos, que se produzca una completa transformación en el modo de producir, consumir y la transportación de los productos. El sector energético constituye la fuente de cerca de tres cuartos de las emisiones de gases de efecto invernadero en la actualidad y encierra la clave para evitar los peores efectos del cambio climático. La sustitución de generadores de contaminación, como la producción de energía mediante el carbón, petróleo o gas, por fuentes de energía renovables, como la energía solar o eólica, reducirían drásticamente las emisiones de carbono (NU, 2021).

El desarrollo sostenible requiere un enfoque integral que tome en consideración las preocupaciones ambientales junto con el desarrollo económico (ONU, 2023). Asimismo, que todos los sectores de la población, instituciones y sector privado se sensibilicen en el compromiso que cada uno tiene de aprender a gestionar ambientalmente los recursos que utilizan para allegarse los servicios cotidianos. La sostenibilidad ambiental busca proteger el medioambiente donde se desarrolla el hombre y minimizar en el mayor grado posible el efecto o impacto de las actividades humanas, dentro de las más importantes el cuidado del agua, el consumo de energía y/o de los combustibles.

Entre los años 2000 y 2018, la cantidad de personas con acceso a energía eléctrica aumentó de 78 a 90 % y el número de personas sin energía bajó a 789 millones. Una de cada diez personas no tienen electricidad y la mayoría de ellas viven en áreas rurales, la eficiencia energética es la clave de la correcta aplicación de las políticas y podría permitir que el mundo alcance más del 40% en los cortes de emisión (PNUD, 2021).

El desarrollo sostenible requiere un enfoque integral que tome en consideración las preocupaciones ambientales junto con el desarrollo económico (NU, 2023). Asimismo que todos los sectores de la población, instituciones y sector privado se sensibilicen en el compromiso que cada uno tiene de aprender a gestionar ambientalmente los recursos que utilizan para allegarse los servicios cotidianos.

La sostenibilidad ambiental busca proteger el medioambiente donde se desarrolla el hombre y minimizar en el mayor grado posible el efecto o impacto de las actividades humanas, dentro de las más importantes el cuidado del agua, el consumo de energía y/o de los combustibles (UN, 2023).

La escala de la emergencia climática se ha vuelto cada vez más obvia en los últimos años, con temperaturas récord y eventos climáticos extremos relacionados con el cambio climático que ocurren en todo el mundo. El éxito alcanzado esta década en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero determinará si el aumento de la temperatura global puede limitarse a 1,5 °C de los niveles preindustriales de este siglo (IRENA, 2023). México tiene el compromiso de llegar a producir un 35% de la energía a partir de fuentes renovables para 2024 y un 40% para 2035 (Limón, 2017; Esco, 2021; Energos, 2022). Por este motivo es importante hacer uso de todas las herramientas de que se dispone para bajar los niveles de contaminación, generación de gases efecto invernadero (NU, 2022).

Objetivo

Identificar el recurso solar disponible en los municipios de alto riesgo del estado de Hidalgo, para favorecer su desarrollo y sostenibilidad con energía limpia.

Metodología

La metodología utilizada en el proyecto consistió en identificar la radiación solar disponible en los municipios de alto riesgo; conocer el requerimiento energético de una familia rural; realizar los cálculos que permitan su aprovechamiento y distribución en la vida de las personas del estado de Hidalgo.

Desarrollo

El recurso solar

El Sol es la fuente de energía que mantiene vivo al planeta a través de la luz, calor y radiación que emite diariamente, este proceso contribuye al desarrollo de la vida en y la luz. De acuerdo a las investigaciones emite continuamente una potencia de 62 mil 600 kilowatts por cada metro cuadrado de su superficie, así ha venido ocurriendo a lo largo de los últimos 4 mil 500 millones de años, se estima que continuará así por otros 5 mil millones de años, lo que indica que en un periodo de tan sólo dos días, el planeta recibe una cantidad de energía equivalente a todas las reservas probadas que existen de petróleo, gas y carbón (Arancibia, Best y Brown, 2010). La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse a través del calor que produce y la absorción de la misma.

México

El reto del sistema energético mundial es reducir la dependencia de los combustibles fósiles, potenciar su eficiencia y dar paso a las energías renovables. Es necesaria la transformación energética global ya que el consumo mundial de petróleo pasó de 84 millones de barriles al día a 100 millones de barriles, de mantenerse este ritmo de consumo durante los próximos diez años, la humanidad va a quemar alrededor de 420,000 millones de barriles – cantidad que equivale a las reservas combinadas de Venezuela y Arabia Saudita juntos- países con las mayores reservas del planeta (BP Statistical Review, 2019; REN21, 2019). El potencial de energía solar que un territorio tiene se mide a través de la radiación solar (Energos, 2022). México se encuentra entre los 15° y 35° de latitud, región considerada la más favorecida en recursos solares, debido a esta situación se reciben diariamente en promedio, 5.5 kWh/m² (Limón, 2017; Esco, 2021, Energos, 2022).

Potencial en Hidalgo

Geográficamente, el estado de Hidalgo se ubica en el centro del país, al norte, 21° 24'; al sur, 19° 36' de la latitud norte; al este, 97° 58'; al oeste, 99° 53' de la longitud oeste. Por su tamaño ocupa el lugar 26 en la República Mexicana, con una extensión territorial de 20,813 km², representando el 1.1% de la superficie del país, cuenta con 84 municipios, de los cuales según los datos de la Declaratoria de las Zonas de atención prioritaria (DOF, 2022) para el año 2023, 14 de ellos se encuentran en situación de alta y muy alta marginación, presentan limitaciones económicas, de vías de comunicación y el costo para acceder a fuentes de energía convencional es muy alta. Es importante destacar que estos municipios representan el 16% del total de municipios de la entidad y al encontrarse en el medio rural, sus condiciones de vida son más difíciles de remontar ante su carencia de medios económicos, laborales y de servicios.

Sin embargo estos Municipios cuentan con radiación solar suficiente para su aprovechamiento y generación de biocombustibles limpios como medio de apoyo para su sostenibilidad. En la Tabla 1 se presenta esta información.

Los hogares hidalguenses de estos municipios tienen en promedio 3.8 habitantes. Conforme a los estudios de Comparadorluz, 2021, el consumo medio anual de electricidad por vivienda se sitúa en los 3.487 kWh. De acuerdo con los datos del Balance Nacional de Energía (2021) el consumo de electricidad per cápita fue de 2260.736 kWh/hab para 2021 (SIE, 2021).

En la tabla 2 se presenta el consumo promedio anual de electricidad en México de acuerdo al número de habitantes promedio por hogar que estableció el INEGI en 2020 se sitúa en 4.

Tabla 1. Número de habitantes, viviendas y radiación solar por municipio de Alta marginación del estado de Hidalgo

No.	Municipio	Total de viviendas	Ocupantes promedio habitantes	Radiación solar k Wm ²
1	Huehuetla	6266	3.6	4.89
2	Xochiatipan	4361	4.2	4.973
3	Yahualica	6277	3.9	5.072
4	Acaxoxhitlán	10442	4.41	5.506
5	Huahutla	5541	3.73	5.100
6	Huazalingo	3035	4.21	4.578
7	Lolotla	2603	3.64	4.901
8	La Misión	2929	3.4	4.867
9	Pacula	1430	3.3	5.625
10	Pisaflores	4878	3.8	5.228
11	San Bartolo Tutotepec	5001	3.5	5.051
12	Tepehuacán de Guerrero	7490	4.2	4.980
13	Tianguistengo	4026	3.6	4.884
14	Tlahuiltepa	2850	3.2	5.513

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de DOF, 2022.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5672639&fecha=28/11/2022#gsc.tab=0/. Dominio público. Y de la NASA 2021, Disponible en: NASA POWER Data Access viewer. (2021). <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Dominio público.

Resultados

La Secretaría de Energía en el Balance Nacional de Energía 2021 establece que el consumo promedio anual de energía per cápita fue de 2220.52 kWh/hab en 2020, el número de hogares en el estado de Hidalgo en promedio fue de 857.46 y de 3.6 personas por hogar, los datos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumo de energía eléctrica per cápita en el estado de Hidalgo

Entidad Federativa	Número de hogares (miles)	Personas por hogar	Consumo electricidad per cápita kWh/hab
Hidalgo	857.46	3.6	2220.52

Fuente: Balance Nacional de Energía 2021. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/805509/BNE-2021.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/805509/BNE-2021.pdf). Dominio público, y de SIE 2021. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE0C01>. Dominio público.

Conforme a los estudios de ComparadorLuz, 2021, el consumo medio anual de electricidad por vivienda se sitúa en los **3.487** kWh, de m² acuerdo al número de habitantes, considerando el promedio de ocupantes por hogar, se sitúa en la posición 4 de la Tabla 3.

Tabla 3. Consumo anual promedio de energía anual por número de personas en un hogar

Número de personas	Consumo anual
1	2.198 kWh/año
2	2.450 kWh/año
3	2.703 kWh/año
4	2.956 kWh/año
5	3.208 kWh/año

Fuente: Fuente: Comparadorluz. (2021). <https://comparadorluz.com/faq/consumo-medio-casa>.

La investigación-evaluación relativa a la radiación solar realizada a los 14 municipios con alto nivel de marginación, indica que en promedio cuentan con 5.083 kWhm²/d de radiación solar, cantidad suficiente para satisfacer la demanda energética de casas habitación rural de hasta 4 habitantes, dado que cada habitante consume al día 0.00821 kWh/d por hogar.

Conclusiones

Con esta información se establece que una familia promedio en México consume, aproximadamente 2,500 kWh al año; lo que equivale a 0.0025 GWh al año. El valor promedio de consumo al día es de 4.4 kW/d, lo que representa el 1.6 MWh/a por casa. De acuerdo con el objetivo planteado, la información identificada y los datos mostrados en resultados, es posible la utilización de la radiación solar como una fuente sustentable y sostenible para contribuir a la mejora de vida de los pobladores de estos catorce municipios considerados prioritarios en la entidad, para la determinación e instalación –en una primera etapa– de sistemas fotovoltaicos, fototérmicos y de iluminación. En la segunda etapa se diseñarán sistemas híbridos que cubran sus necesidades energéticas, así como kits en los que se incluyan otras opciones de mejora.

Referencias bibliográficas

Arancibia Bulnes Camilo; Best y Brown Roberto (2010), Energía del Sol, Revista Ciencia abril-junio 2010, Energías Alternativas, México. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf.

Aslov Sirodjiddin. (2013). Hacia el Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua, Representante Permanente de Tayikistán ante las Naciones Unidas, de <https://www.un.org/es/chronicle/article/hacia-el-ano-internacional-de-la-cooperacion-en-la-esfera-del-agua-2013>.

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA). (28 abril 2023). ¿Qué son los bucles de retroalimentación y cómo afectan al cambio climático?. Sostenibilidad y banca responsable. Planeta – Cambio Climático, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-los-bucles-de-retroalimentacion-y-como-afectan-al-cambio-climatico/>.

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA). (s/f). Estos son los nueve límites planetarios y el estado en que se encuentran. Sostenibilidad y banca responsable. Cambio climático, <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/estos-son-los-nueve-limites-planetarios-y-el-estado-en-que-se-encuentran/>.

BP Energy Outlook edition (2019). Datos de la energía consumida y generada en el mundo. de: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>. 2019.

Comparadorluz (2021). Consumo medio de luz y gas en una casa: ¿Cuánto es y cómo se calcula?. <https://comparadorluz.com/faq/consumo-medio-casa>

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022). Decreto por el que se formula la Declaratoria de las Zonas de Atención Prioritaria para el año 2023. Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión. Recuperado el 12 de marzo de 2023 de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5672639&fecha=28/11/2022#gsc.tab=0/
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5672639&fecha=28/11/2022#:~:text=%2D%20La%20C%3A1%20de%20Diputados%20del,Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Pol%C3%ADtica%20de.

Duran Escamilla Pino, Herrera Monroy Luis, Guido Aldana Pedro. (2010). Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable, Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA 10), Instituto Politécnico Nacional, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, recuperado 31 de marzo de 2023 de: <http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/41008.pdf>.

ESCO Ingeniería Energética (Jul 29, 2021). Energías renovables en México. <https://escomx1.com/2021/07/29/energias-renovables-en-mexico/>
Energos (3 feb 2022). Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento. <https://www.grupoenergog.com/post/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento>.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (Junio, 2023). Perspectiva de las transiciones energéticas mundiales 2023: Trayectoria de 1,5 °C. SBN: 978-92-9260-527-8. Volumen 1. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>.
<https://efaidnbmnibpcjpcglclefindmkaj/https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/>

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_v_1_2023.pdf?rev=b1d4be858ad549a9a750921d0f2b5d53

Limón Portillo Alejandro. (Junio 2, 2017) Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento. Transición energética y finanzas públicas. CIEP - Centro de Investigación Económica y Presupuestaria. <https://ciep.mx/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento/>

Naciones Unidas (UN). (2021). Llegar a las emisiones netas cero: el mundo se compromete a tomar medida. Acción por el clima. <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>.

Naciones Unidas (NU). (12 de mayo de 2022). El número y la duración de las sequías han aumentado un 29% desde el año 2000. Cambio climático y Medio ambiente. <https://news.un.org/es/story/2022/05/1508622>.

Naciones Unidas (NU). (2023). Hacia la neutralidad climática de las Naciones Unidas. La ONU y la sostenibilidad. Paz, dignidad, e igualdad en un planeta sano. Recuperado el 24 de febrero de 2023 de: <https://www.un.org/es/about-us/un-and-sustainability>.

Naciones Unidas (NU). (2023). Sostenibilidad. Naciones Unidas. Impacto académico. Recuperado el 27 febrero de 2023 de: <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Tierra y suelos. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>.

Peláez Javier. (18 de junio de 2023). Hemos rebasado siete de los nueve límites planetarios para la estabilidad de la vida en la Tierra. Y el octavo está al caer... Yahoo! News, de <https://es-us.noticias.yahoo.com/hemos-rebasado-siete-de-los-nueve-limites-planetarios-para-la-estabilidad-de-la-vida-en-la-tierra-164040336.html>.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2021). Objetivo 7. Energía asequible y no contaminante. Los ODS en acción. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/energia-asequible-no-contaminante>

Rahmon Emomali. (2018). Agua para el desarrollo sostenible. Presidente de la República de Tayikistán y miembro del Grupo de Alto Nivel sobre el Agua, Naciones Unidas (UN). Recuperado el 31 de marzo 2023, disponible en: <https://www.un.org/es/chronicle/article/agua-para-el-desarrollo-sostenible>.

REN21. (2021). Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century Renewables, Paris, France, 8, 41, EN <https://www.ren21.net/gsr-2021/>.

Rufes Martínez Pedro. (2010), Energía solar térmica técnicas para su aprovechamiento, Editorial Marcombo, Madrid, España, pp. 2.

Secretaría de Energía. (SENER) (2021). Balance Nacional de Energía 2021. <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/805509/BNE-2021.pdf>.

Sistema de Información Energética (SIE). (2021) Balance Nacional de Energía: Indicadores económicos y energéticos. Secretaría de Energía. Dirección General de Planeación e Información Energéticas. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveuca=IE0C01>

World Health Organization (WHO). (2019). 1 de cada 3 personas en todo el mundo no tiene acceso a agua potable segura: UNICEF, OMS. De <https://www.who.int/news-room/detail/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-unicef-who>.

Desarrollo de Recubrimiento Anticorrosivo, Matriz Base Polimetilmetacrilato (PMMA) Reforzado con Nanopartículas de Óxidos Metálicos, como Sustituto de Resinas Epoxi-Fenólica para Acero al Carbono Grado Estructural ASTM A36

MC. José Antonio González Vázquez¹, MI. Martín Maldonado Chacón²,
MC. María Guadalupe Fuentes Zamarrón³

Resumen— En este proyecto de investigación se llevó a cabo el desarrollo de un recubrimiento híbrido anticorrosivo, a base de polímero polimetilmetacrilato (PMMA), reforzado con nanopartículas de óxido de aluminio (Al_2O_3), aplicados sobre un sustrato de acero al carbono grado estructural ASTM A36. Se realizará la síntesis química del polimetilmetacrilato y los óxidos de aluminio (Al_2O_3). Se llevará a cabo una mezcla mecánica del material polimérico base y las nanopartículas de refuerzo de óxido de aluminio al 1% peso, para posteriormente ser sometidos a vibraciones de baja frecuencia con ultrasonido para garantizar la óptima dispersión de las nanopartículas en la matriz base polimérica, subsecuentemente se caracterizaron los recubrimientos y la efectividad anticorrosiva sobre el sustrato de acero.

Palabras clave—Recubrimientos poliméricos, corrosión, nanopartículas.

Introducción

La resistencia a la corrosión es una propiedad fundamental que garantiza la integridad física de un material metálico, si este se encuentra en un ambiente altamente corrosivo. En la corrosión química, un líquido corrosivo disuelve el material; en la corrosión electroquímica, se retiran átomos del metal sólido como resultado de un circuito eléctrico producido por el contacto del metal y el entorno (Askeland, 2013). Los materiales en términos generales poseen diferentes propiedades físicas, mecánicas y químicas, las cuales se relacionan de manera directa con el medio ambiente donde se encuentran operando, sumado a las condiciones de trabajo bajo las cuales son sometidos, en el caso de los aceros al carbono grado estructural la afectación por efecto de la corrosión es un fenómeno natural que incide directamente en el tiempo de vida y la funcionalidad del material metálico. En el particular caso del control de la corrosión de materiales metálicos específicamente aceros al carbono, el método más utilizado es el aislamiento eléctrico del material. Esto puede lograrse mediante el empleo de pinturas o resinas, depósitos metálicos de espesor suficiente o por aplicación de recubrimientos diversos (Avila, 1986), de esta forma, se puede lograr aislar el metal del contacto directo con el medio agresivo (agua, suelo y atmósfera por lo general).

En los últimos años el desarrollo tecnológico de recubrimientos anticorrosivos se ha incrementado considerablemente en lo que respecta a las combinaciones de resinas poliméricas y óxidos de grafeno (Chen et al. 2021), o resinas poliméricas e hidruros de silicio dispersos (Sosa, 2018). Uno de los desarrollos más significativos, ha sido el desarrollo de los recubrimientos híbridos anticorrosivos, también llamados recubrimientos nanocompuestos (Sosa, 2018), el cual aumenta significativamente su eficiencia tanto en las propiedades térmicas del recubrimiento y el aumento a la resistencia de la corrosión comparado con el recubrimiento puro normalmente utilizado que son las pinturas a base de resinas epóxicas.

Metodología

Procedimiento de síntesis de matriz base de polimetilmetacrilato (PMMA)

La síntesis del polimetilmetacrilato (PMMA) se realizó por vía heterofase, utilizando una técnica de emulsión convencional, empleando dodecilsulfato de sodio (SDS) como tensoactivo, persulfato de potasio (KPS) a temperaturas de 80° grados centígrados y 100 revoluciones por minuto en condiciones ávidas de monómero. Ver Figura 1.

¹MC. José Antonio González Vázquez es Profesor de Ingeniería de Materiales en la Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila, Coahuila. jose.antonio.gonzalez@utrc.edu.mx

²MI. Martín Maldonado Chacón es Profesor de Ingeniería Industrial en la Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila, Coahuila. martin.maldonado@utrc.edu.mx

³MC. María Guadalupe Fuentes Zamarrón Profesora del área de Procesos de Manufactura en la Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila, Coahuila. guadalupe.fuentes@utrc.edu.mx



Figura 1. Síntesis del polimetilmetacrilato

Procedimiento para la síntesis de nanopartículas de óxidos metálicos

La síntesis de las nanopartículas de óxidos metálicos se llevó a cabo vía química empleando sales precursoras de cada uno de los óxidos, que posteriormente se deberán calcinar para lograr la formación de este. Ver Figura 2.

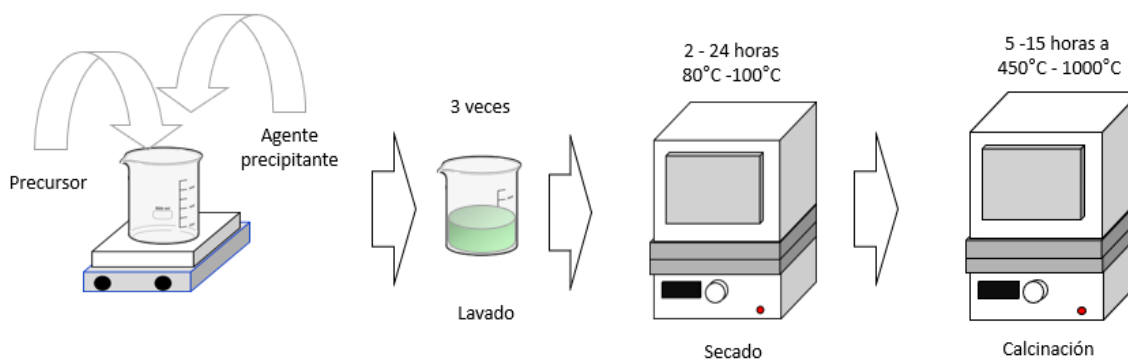


Figura 2. Síntesis de nanopartículas de óxidos metálicos

Síntesis de nanopartículas de óxidos de aluminio (Al_2O_3)

Para la preparación de la solución de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) al 0.03 molar, se colocó en un vaso de precipitado 1 gramo de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$). Posteriormente se añadieron 100 mililitros de agua destilada (H_2O), y se aplicó agitación mecánica por un lapso de 1 minuto. En el caso de la solución de carbonato de calcio ($CaCO_3$) al 1 molar, se colocaron 10 gramos de carbonato de calcio ($CaCO_3$), y posteriormente 100 mililitros de agua destilada (H_2O), y se agitó por periodo de tiempo de 1 minuto.

Al finalizar la preparación las soluciones, se vierte el vaso de precipitación que contenía la solución de carbonato de calcio ($CaCO_3$), sobre un termoagitador, para que inicie el proceso de agitación. Mientras el proceso de agitación se lleva a cabo, se añadió la solución de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) al 0.03 molar, gota a gota a la solución de carbonato de calcio ($CaCO_3$) de 1 molar. Cuando se terminó de añadir la solución de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) al 0.03 molar, se dejó en agitación por un periodo de 12 horas. Posteriormente se llevó a cabo un periodo de secado por 24 horas a una temperatura de 100° grados Celsius, dentro de un horno de convección.

Elaboración de recubrimiento y aplicación

Para la elaboración de las películas de recubrimiento anticorrosivo reforzados con nanopartículas de óxidos metálicos se agregó el 1% en peso de nanopartículas de óxidos de metálicos de aluminio (Al_2O_3), a 10 gramos de

polimetilmetacrilato (PMMA), posteriormente se recubrieron sustratos de acero al carbono grado comercial ASTM A36, y se dejaron curar a temperatura ambiente.



Figura 3. Probetas recubiertas con el polímero reforzado

Resultados

Análisis de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier del PMMA

Las muestras de polimetilmetacrilato (PMMA) se sometieron a un análisis de espectroscopía infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR PMMA) y la información obtenida se comparó con trabajos recientes referente a este mismo material: las dos bandas situadas en 1244 cm^{-1} y 681 cm^{-1} , pueden ser atribuidas a las vibraciones del grupo α -metilo, las señales en 987 y 843 cm^{-1} , son las señales características de la vibración del PMMA. La señal de 1735 muestra la presencia del grupo carboxilacrilato, la banda en 1640 puede ser atribuida a la vibración del enlace C-H de los grupos CH_3 , la señal, de 3437 atribuida al agua (humedad) quizá por falta de secado del material, y las bandas 2976 y 2998 pueden ser asignados a los estiramientos C-H de los metilos (Duan et al. 2008). Ver Figura 4.

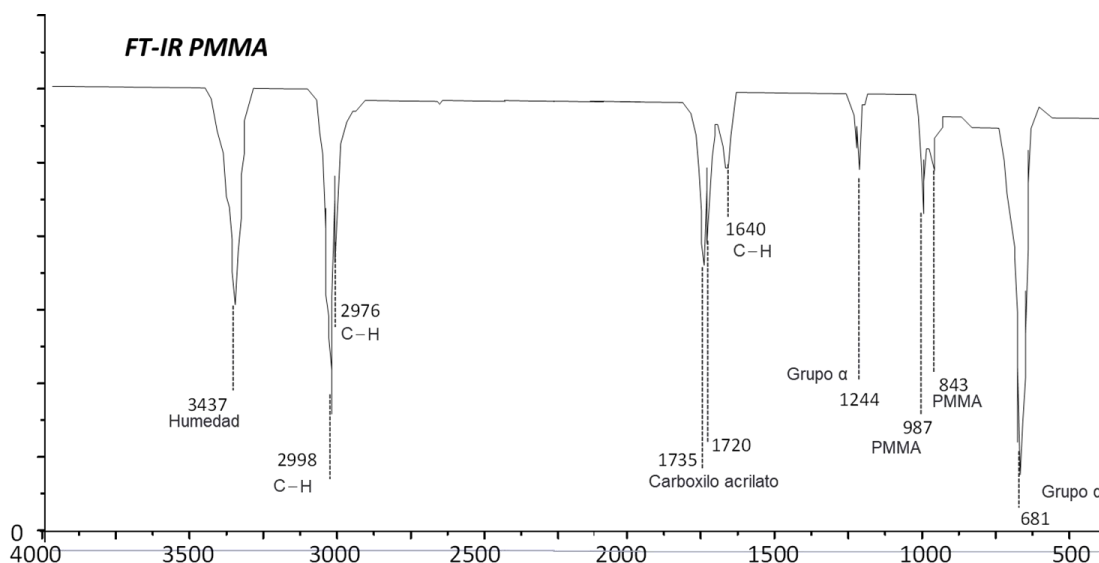


Figura 4. Bandas obtenidas del análisis de FT-IR de polimetilmetacrilato

DRX de nanopartículas de óxido de aluminio (Al_2O_3)

En cuanto a los resultados obtenidos hasta el momento, tenemos los difracto gramas de rayos x. Estos son muy importantes porque nos confirman la naturaleza del óxido, y la fase en la que se obtuvo. Como podemos observar en el difractograma de la alúmina Al_2O_3 Figura 24, los planos cristalográficos obtenidos son los siguientes: comparados con la carta patrón mostrada por Lian. J et al, (2010), ver Figura 5. Se puede determinar que los planos que difractan son de una alúmina gama.

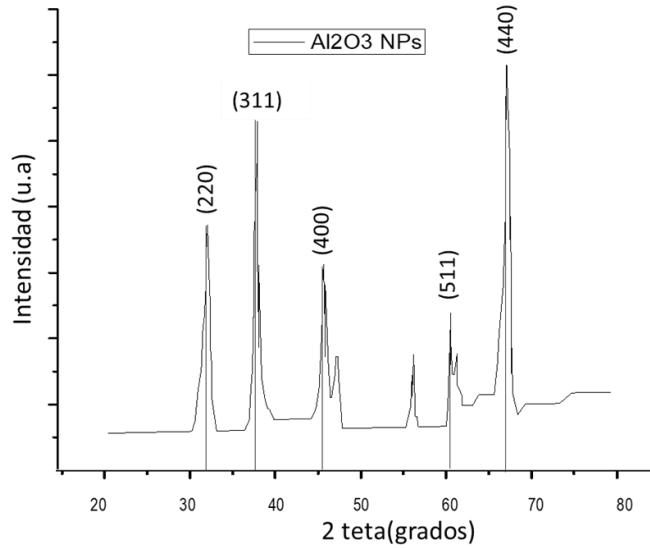


Figura 5. DRX de nanopartículas de óxidos de aluminio (Al₂O₃)

Análisis de curvas Rp de los dos sistemas recubiertos

Las mediciones electroquímicas se llevaron a cabo en un equipo Gamry, se realizaron en una celda electroquímica en una solución de NaCl al 5% a temperatura ambiente. La polarización potencio dinámica se realizó desde un intervalo de potencial de -1500 mV a 1000 mV. En este apartado se muestra el análisis de los resultados obtenidos a partir de la técnica de extrapolación de Tafel. A partir de estas gráficas se obtuvo la velocidad de corrosión del acero A36 recubierto en distintas condiciones. En la gráfica de la figura 6, se muestra las curvas de polarización potenciodinámica, a partir de ellas se calculó la velocidad de corrosión por el método de extrapolación de tafel con el software Echem Analyst. De acuerdo con los resultados de polarización que se observan en comparación con el acero desnudo, los dos sistemas de recubrimientos mostraron un mejor comportamiento frente a la corrosión en aproximadamente una orden de magnitud en el cambio de densidad de corriente, además el cambio de potencial más nombre de estos tres sistemas de recubrimientos se incrementa en aproximadamente ~250 mV en comparación con el acero desnudo. Esto de acuerdo con lo mencionado por Aperador (2012).

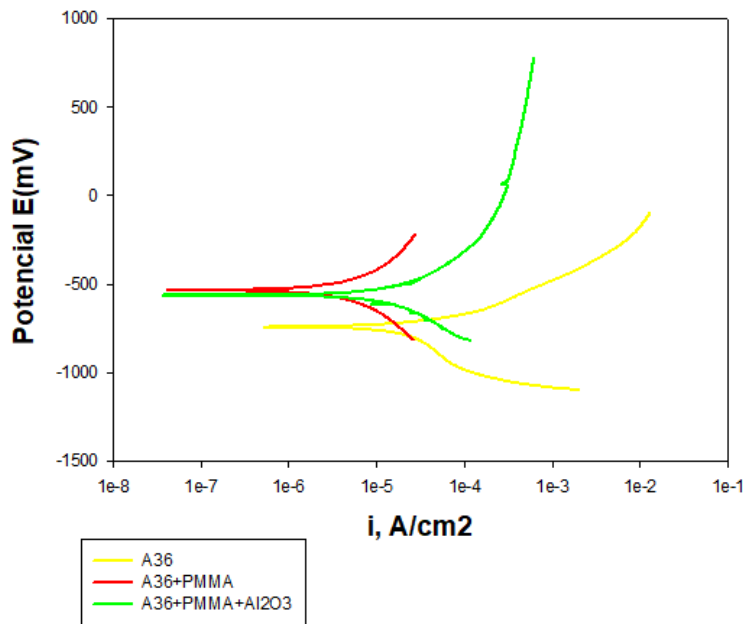


Figura 6. Curvas Rp de los tres sistemas bajo tres condiciones diferentes.

Conclusiones

Se realizó la síntesis de la matriz base y de refuerzo para posteriormente ser aplicadas sobre sustratos de acero al carbono grado comercial A36 con dimensiones de 10 mm de ancho, 5 mm de espesor y 20 mm de largo. Se caracterizó el polimetilmetacrilato utilizando la técnica de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier FTIR, mostrando las bandas de energía de los grupos funcionales del polimetilmetacrilato.

Se utilizó la técnica de Difracción de Rayos X, para la identificación de planos cristalográficos correspondientes al óxido de aluminio (Al_2O_3), comparándolos con la carta patrón arrojando corresponde a los picos de los planos cristalinos de alúmina en fase gama.

Se ha demostrado que los dos sistemas de recubrimiento de PMMA y PMMA + Al_2O_3 se desplaza en el orden aproximado de ~250 mV por encima del sistema de acero A36 desnudo, esto indica una protección mayor frente a la corrosión en un medio acuoso de NaCl al 5% en peso, sometido a intervalos de -1500 mV a 1000 mV.

Recomendaciones

Para trabajos de investigación posteriores se recomienda disminuir el porcentaje en peso de la matriz de refuerzo de nanopartículas de óxidos metálicos, para ver su comportamiento potencial dinámico, así como también controlar los espesores de película seca de los recubrimientos, ya que es una variable esencial para garantizar el anclaje adecuado del recubrimiento sobre el sustrato de acero al carbono.

Referencias

- Ahmad, Zaki. 2006. *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*.
- Antonio, Gonzalez Vazquez Jose. 2020. "Efecto de La Temperatura En El Proceso de Soldadura Sobre El Endurecimiento Superficial y Deformación de Una Placa de Acero A36." Universidad Autónoma de Coahuila.
- Aperador, W., Bautista Ruíz, J. H., & Pardo Cuervo, O. (2012). Comportamiento electroquímico de las películas delgadas de CrN/Cr obtenidas variando el potencial BIAS. *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(1), 145-154.
- ASME. 2019. "ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Part A Ferrous Material Specification 2019." *The American Society of Mechanical Engineers* (2016).
- Avila Mendoza, Javier., and Joan. Genescá Llongueras. 1986. *Más Allá de La Herrumbre*. 1er edició. Ciudad de México.
- Boden, P. J. 1986. "'Corrosion and Corrosion Control.'" *British Corrosion Journal* 21(3):147-147. doi: 10.1179/000705986798272190.
- Chen, Long, Hui Liu, Zhanqiang Liu, and Qinghua Song. 2021. "Thermal Conductivity and Anti-Corrosion of Epoxy Resin Based Composite Coatings Doped with Graphene and Graphene Oxide." *Composites Part C: Open Access* 100124. doi: 10.1016/j.jcomc.2021.100124.
- Donald R. Askeland. 2013. "Ciencia e Ingeniería de Los Materiales." Pp. 851-79 in *Ciencia e ingeniería de materiales*, edited by C. Learniing. Ciudad de México: Learniing, CENGAGE.
- Duan, Guorong, Chunxiang Zhang, Aimei Li, Xujie Yang, Lude Lu, and Xin Wang. 2008. "Preparation and Characterization of Mesoporous Zirconia Made by Using a Poly (Methyl Methacrylate) Template." *Nanoscale Research Letters* 3(3):118-22. doi: 10.1007/s11671-008-9123-7.
- González-Iñiguez, Karla J, Varela-Hernández, Juan J. 2018. "Síntesis de Nanopartículas de Látex de Pmma – Undecilenoato de Sodio Para La Formación de Películas." *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales* 19(3):77-86.
- Jorge. R. 2010. *Análisis de Métodos y Compuestos Empleados En La Modificación Superficial de Nanopartículas de Óxidos e Hidróxidos Metálicos*.
- Parra Cristina, González Gema, Albano Carmen. 2015. "Estudio y Caracterización de PMMA Obtenido Mediante Polimerización En Emulsión Por Ultrasonido de Alta Frecuencia." *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* 35(2):150.
- Pedferri, Pietro. 2018. *Corrosion Science and Engineering*. First Edit. edited by M. Lazzari, L.&Pedferri. Milan, Italy: Springer.
- Popoola, Api, OE Olorunniwo, and OO Ige. 2014. "Corrosion Resistance Through the Application of Anti- Corrosion Coatings." *Developments in Corrosion Protection*. doi: 10.5772/57420.
- Posada Bustamante, Beatriz. 1994. "La Degradación de Los Plásticos.Pdf." 20.
- Revie, R. Winston, and Herbert H. Uhlig. 2008. *Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering: Fourth Edition*. 4th Editio. edited by R. W. Revie and H. H. Uhlig. New Jersey USA, Canada: A Jhon Wiley & Sons, INC. Publication.
- Roberto, Herrera Resendiz Juan. 2003. "Polimerización Del Acetato de Vinilo En Microemulsiones Aniónicas Pseudoternarias Estabilizadas Con Un Alcohol de Bajo Peso Molecular Como Cosurfactante."
- Schweitzer, Philip A. 2007. *Corrosion of Lining and Coatings Cathodic and Inhibitor Protection and Corrosion Monitoring*. Second edi. edited by P. A. Schweitzer. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Schweitzer, Philip A. 2010. *Fundamentals of Corrosion*. Third Edit. edited by P. A. Schweitzer. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Smith, William F. 2006. "Fundamentos de La Ciencia e Ingeniería de Materiales." Pp. 718-69 in *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, edited by W. F. Smith. Ciudad de México: McGrawHill.
- Sosa, Cristian Alexis Tobon. 2018. "Evaluación de Una Película de Silano Como Pretratamiento En Un Recubrimiento Híbrido.Pdf." Universidad Autónoma de Puebla.
- Stephen, Jack C. McCormac. 2013. *Diseño de Estructuras de Acero*. 5th ed. edited by A. G. E. S. A. de C.V.

Arquitectura de Tierra: Descripción de la Aplicación Metodológica de Gernot Minke para Mejoramiento de la Tierra en el Sistema Constructivo de Bahareque

Dr. Joel Guzmán González¹, Dr. Francisco Nieves Garnica²,
Dr. Simón Rahme Escobedo³, Arq. Monserrat López Camarena⁴

Resumen— El presente artículo es resultado del trabajo de investigación del cuerpo académico UV-CA-469 “Sustenta y Aprende” en colaboración con una estudiante de experiencia recepcional de la facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz; consiste en aplicar la metodología del Arq. Gernot Minke que propone mejorar la tierra como material de construcción para que sea utilizada en climas húmedos, en la zona de estudio el porcentaje de humedad es alto. El estudio sirve como guía para realizar ensayos y pruebas de campo con tierra de la región de las altas montañas de Veracruz, analizar su comportamiento ante la humedad, describir los criterios, agregados y dosificación que se aplican a la tierra en el sistema constructivo de bahareque y propuestas para mejorar su comportamiento a la humedad; Se realizaron las pruebas de campo con herramienta e instrumentos básicos, se tabularon y graficaron los resultados, se presentan los hallazgos y conclusiones de la investigación.

Palabras clave— Arquitectura, tierra, bahareque, humedad.

Introducción

La investigación se desarrolló durante el periodo febrero 2021-junio 2022, por cuestiones de confinamiento por la pandemia de COVID-19 y problemas de traslados al lugar, se buscó tierra con las mismas características físicas que en la zona de estudio para el desarrollo de las pruebas de campo; en la comunidad Vicente Camalote, Oaxaca se comprobó que son las mismas características físicas que la tierra de la comunidad Paredones del municipio de Córdoba, Ver., por tal motivo las primeras pruebas fueron con tierra de la comunidad antes mencionada. la revisión de suelo en el mapa de edafología del INEGI indica su clasificación leptosol, el mismo que se encuentra en el lugar de trabajo, con esa tierra se realizaron las pruebas y ensayos aplicados en la metodología de Gernot Minke.

Metodología

La metodología de Gernot Minke lo siguiente:

Procedimiento

En esta primera parte se describe la metodología, que consiste en:

1. Verificar o analizar la composición física de la tierra.
2. Realizar pruebas de resistencia a la humedad, efectos del agua y erosión.
3. Agregados y aditivos.
4. Preparación del material.
5. Incremento a la cohesión.
6. Mezclado y curado.
7. Estabilizadores.
8. Impermeabilizante.
9. Conclusiones.

Referencias bibliográficas

Gernot Minke “Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual”

¹ Dr. Joel Guzmán González, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. joguzman@uv.mx;

² Dr. Francisco Nieves Garnica, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. fnieves@uv.mx

³ El Dr. Simón Rahme Escobedo, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. srahme@uv.mx

⁴ La Arq. Monserrat López Camarena es recién egresada de la Facultad de Arquitectura región Córdoba- Orizaba.

Desarrollo

Aparte de la metodología descrita en el párrafo anterior, se deben aplicar principios lógicos de construcción, como la cimentación de piedra, proteger la base de los muros y una cubierta adecuada, en el caso del sistema constructivo de bahareque se deben reforzar los muros con estructura secundaria y la mezcla del revestimiento para una mayor resistencia. En la zona de estudio predomina el clima templado húmedo, se encuentra ubicado en faja sísmica, dos fenómenos naturales que afectan a la tierra por su baja adherencia sin aditivos y poca resistencia a los sismos cuando no se refuerza.

Ensayos para conocer la composición del suelo en la zona de estudio

Para verificar si la tierra es apropiada en la construcción en bahareque, es necesario conocer su composición, física, por lo que se realizaron ensayos de campo, estos sirvieron para identificar la composición de la tierra y determinar si es apta para su aplicación. El tipo de suelo es Leptosol y tierra está conformada por arcilla, limo y arenas.

Prueba de resistencia

En las pruebas de resistencia se optó por ensayos de tierra básicos, se amasaron y conformaron 4 discos de tierra con dimensiones de 3 cm. de diámetro y 1.5 cm de ancho, se dejaron reposar al sol por 48 horas, perdieron humedad y se verificó su resistencia a golpe de martillo. En la ilustración número 1 se muestra los discos de tierra madurándose al sol y en la ilustración No 2 las proporciones correspondientes de arcilla, Limo y barro.

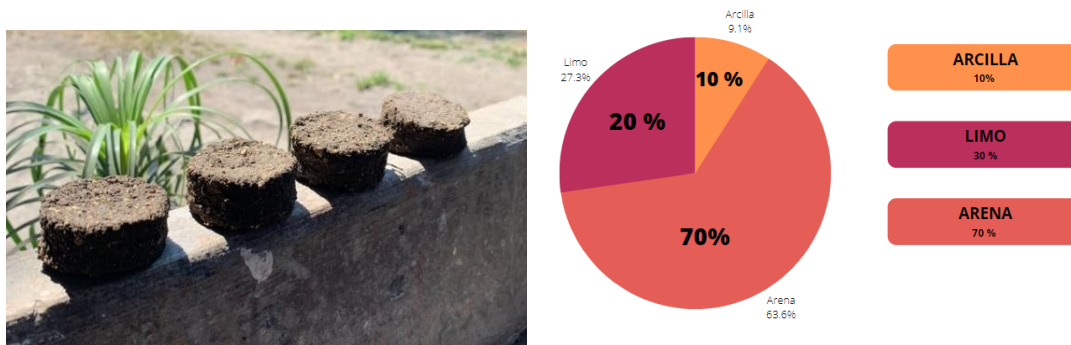


Ilustración 1. Discos de tierra. Nota: Elaborada por Monserrat López Camarena

Ilustración 1. Gráfica de pastel. Nota: Elaborada por Monserrat López Camarena. 2022.

Efectos del agua en los muros de barro: Expansión y retracción.

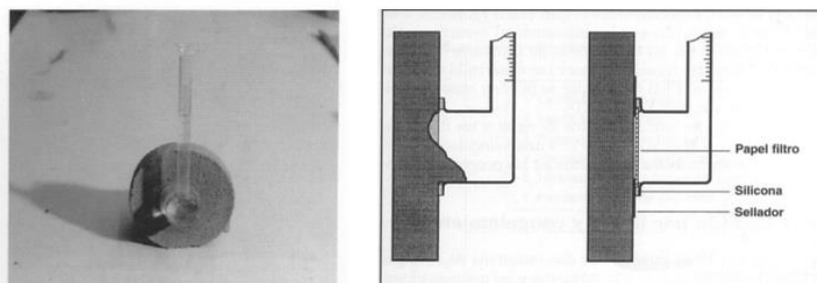


Ilustración 2. Penetración de agua. Ensayo de penetración de agua según Karsen.

Fuente: Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra.

Si el barro crudo con arcillas expansivas entra en contacto con la humedad se dilata y cambia de estado sólido a plástico, a su vez, al secarse puede ocurrir su retracción. Depende de la cantidad de arcilla y también de la distribución granulométrica de limo y arena que contenga para que ocurra la expansión y retracción. El ensayo de penetración de agua de karsen consta de un recipiente esférico de vidrio de 30 mm de diámetro, con un cilindro de medición adosado

se fija con silicona a la muestra del ensayo, de tal forma que la superficie que entre en contacto con el agua sea de 3 cm³.

Erosión por lluvia y congelamiento

Esta prueba consiste en dejar expuesto a la intemperie el material aplicado como recubrimiento sin ningún acabado final, en la ilustración 14, se pueden ver dos revocos de barro, luego de estar expuestas al aire libre por 3 años. La mezcla de la derecha tiene 40% de arcilla y la de la izquierda se reduce con arena, al mismo tiempo reduciendo la arcilla al 16%.

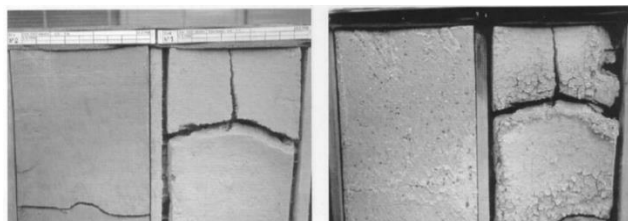


Ilustración 3. Barro ante las inclemencias del tiempo.

Fuente: Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra.

La muestra con más arcilla presentó 11% de retracción y la que se le agregó arena sólo 3%. La izquierda solo presentó erosión por lluvia, mientras que el derecho presentó un hundimiento provocado por congelamiento. De acuerdo con estos ensayos realizados, se determinó que un barro arenoso tiene baja resistencia a la lluvia, pero es resistente al congelamiento cuando carece de fisuras. También se determinó que, si un barro tiene alto contenido de arcilla, este con el tiempo va a desarrollar fisuras y es propenso a la erosión por congelamiento, cuando un barro no tenga fisuras es resistente a la humedad.

Gráfica

Contenido de humedad en relación con el volumen (g/m). Comportamiento al secado de barros (izquierda) en comparación de otros materiales (derecha). Fuente: Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra.

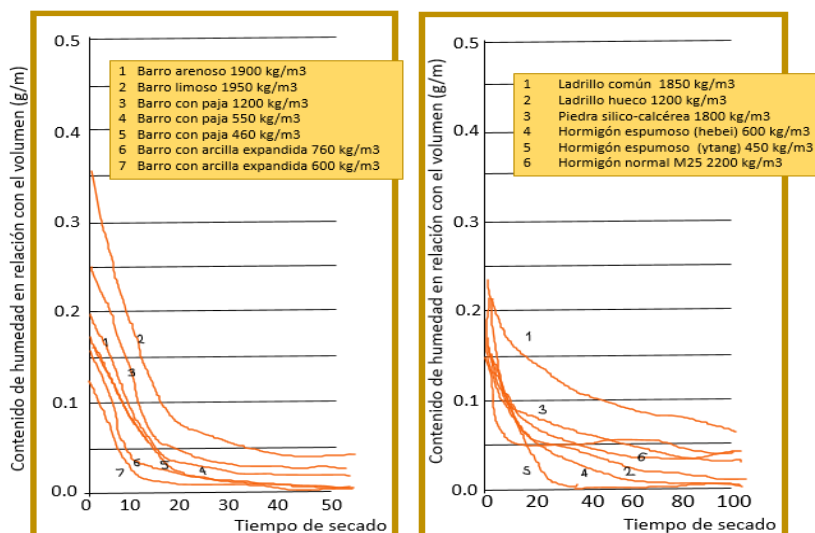


Ilustración 4 Tabla 1. Contenido de humedad en relación con el volumen (g/m).

Compactación de barro

En la construcción con tierra, la máxima densidad o compactación y el contenido de humedad no conducen necesariamente a la máxima resistencia a la compresión. Resistencia a compresión luego de compactación estática y

dinámica de un barro arenoso (arcilla 15%, limo 29%, arena 56%) y de un barro limoso (arcilla 12%, limo 74%, arena 14%).

Adición de fibras (paja)

Reducción de la resistencia a compresión del barro con adición de paja cortada (5 cm).

Barro	Peso específico (kg/m ²)	Vibración	Fuerza de compresión (N/mm ²)	Paja (%/masa)	Peso (kg/m ²)	Fuerza de compresión (N/mm ²)
Limoso	2003	0	3.77	0	1882	2.2
	1977	1500	4.11	1	1701	1.4
	2005	3000	3.17	2	1571	1.3
Arenoso	2023	0	2.83	4	1247	1.1
	2009	1500	2.91	8	672	0.3
	2024	3000	3			

Ilustración 5. Tabla 2. Compactación de barro.

Ilustración 6. Tabla 3. Adición de fibras.

Preparación del material.

Obtener un material de construcción a partir de un suelo arcilloso no es siempre sencillo y requiere experiencia. La mezcla adecuada depende del tipo de suelo, de su consistencia y de la aplicación que se le quiera dar. Existen diferentes técnicas para mejorar este.

1	Humedecimiento, trituración y mezcla: Reducir el tamaño de los terrones de tierra y hacerlos útiles sin esfuerzo mecánico o sumergirlos en agua para que se vuelvan plásticos.
2	Reducción del contenido de arcilla o rebajado: El barro se debe rebajar si es muy rico en arcilla.
3	Disolver el barro: Se puede preparar fácilmente a partir de una suspensión seca en polvo mezclada con agua
4	Tamizado: Para ciertas técnicas de construcción, el suelo debe tamizarse para eliminar las partículas más grandes.

Ilustración 7. Tabla 4. Preparación del barro.

Incremento a la cohesión.

Los productos minerales, vegetales y animales que se agregan a menudo para aumentar la resistencia al climático, también contribuyen a una mayor consistencia, aunque a veces dependiendo el material, la reducen.

Mezclado y curado

Diferentes muestras de arcilla de la misma mezcla pueden tener distinta consistencia, dependiendo del método de preparación. Si hay suficiente agua en la mezcla, la mezcla y el endurecimiento tienen un efecto positivo para aumentar la adherencia.

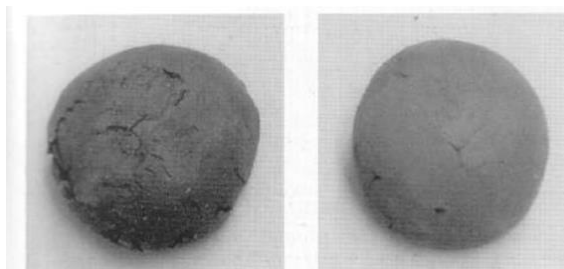


Ilustración 8.-Ensayo de caída de bola. Sirve para demostrar diferentes cohesividades. Fuente: Minke, G. (2005). Manual de construcción

Mejoramiento de las características del barro mediante tratamientos especiales y aditivos.

La mezcla de arcilla se deja reposar de 12 a 48 horas. La experiencia ha demostrado que este proceso aumenta la cohesión de la arcilla. Este fenómeno probablemente se deba a la atracción electroquímica entre los diferentes materiales arcillosos, dándoles una estructura más compacta y ordenada.

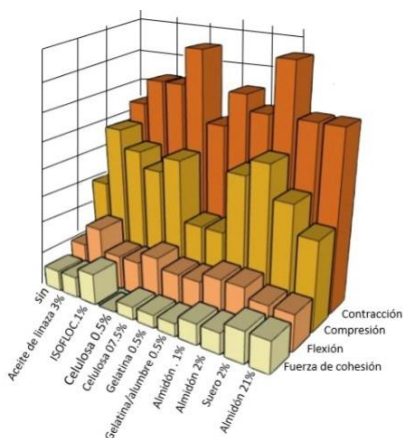


Ilustración 9. Gráfica de aditivos. Influencia de varios aditivos en la retracción, la cohesividad, la retracción en flexión y la compresión de un barro arenoso. Fuente: Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra. Elaborado por: Monserrat López C.

Estabilizadores animales, minerales y revoco.

A continuación, se presentan dos tablas de conceptos que indican métodos para mejorar la resistencia de la tierra contra la humedad y su breve descripción con autor.

Conceptos	Descripción breve	Fuente	Conceptos	Descripción breve	Fuente
Estabilizador de cemento	En suelos con bajo contenido de arcilla, el cemento actúa como estabilizador de agua. Cuanto mayor sea el contenido de arcilla, más cemento se requiere para lograr el mismo efecto estabilizador. El cemento rompe la unión de la arcilla, por lo que el suelo estabilizado con cemento puede tener menor resistencia a la compresión que el mismo suelo sin cemento.	Arquitecto Gernot Minke.	Silicato de sodio	El silicato de sodio es un buen estabilizador para barros arenosos, sin embargo este debe ser rebajado con agua antes de añadirse, en una proporción de 1:1, si esto no se hace aparecen micro fisuras y provocan una fuerte absorción del agua.	Arquitecto Gernot Minke
Estabilizador de cal	El intercambio iónico tiene lugar en el fluido de perforación con cal como estabilizador y con suficiente humedad. Los iones de calcio en la cal se intercambian con los iones metálicos en la arcilla. Como resultado, se forma una aglomeración de partículas finas para evitar la penetración del agua.	Arquitecto Gernot Minke.	Productos animales	Los productos animales como la sangre, la orina, las heces, la caseína y el pegamento animal se han utilizado durante siglos para estabilizar la arcilla.	Arquitecto Gernot Minke
Estabilizador de asfalto	En babilonia se aplicaba Asfalto para estabilizar ladrillos de barro antes del siglo 5 aC. El Asfalto es perfecto para barros con bajo contenido de arcilla. El efecto de estabilización se optimiza si la mezcla se compacta. Se disuelve primero en agua con un emulsificador como anfta, parafina o petróleo.	Arquitecto Gernot Minke.	Productos animales y minerales	La celulosa en la orina y las heces aumenta la resistencia a la flexión porque las fibras de celulosa actúan como elementos de refuerzo. Los componentes del amoníaco actúan como desinfectantes contra los microorganismos	Arquitecto Gernot Minke
Revoco de cal	Los revoques de barro utilizados en las paredes externas son adecuados solo en ausencia de grietas e impermeable al agua. Las superficies de contacto no suelen enlucirse, siendo la alternativa más habitual el enlucido de cal.	Arquitecto Gernot Minke.	Productos vegetales	Savias de plantas aceitosas y con contenido de latex como sisal, agave y platano han sido utilizadas como pinturas estabilizadoras en varios países. Incluso el aceite de linaza tiene resistencia contra el barro.	Arquitecto Gernot Minke

Ilustración 10.-Tabla 5. Estabilizadores y revoco de cal. Recuperado de: Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra.

Ilustración 11.- Tabla 6. Estabilizadores minerales y animales. Recuperado de: Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra.

Impermeabilizantes

Álvaro Lara⁵, actual profesor de la UNAM, en base a su experiencia con el Bahareque, determinó que no siempre es necesario que las superficies de tierra tengan aditivos o modificaciones para hacerlas resistentes a la humedad. Sólo basta con proteger o reforzar la superficie con un revoco o pintura. A su vez esta ayuda al control de hongos es amigable con el ambiente y funciona como decoración para exteriores e interiores. El arquitecto Lara en sus construcciones dos tipos de impermeabilizante, uno con nopal y el otro con jabón y alumbre igualmente recomendados en el libro manual de construcción con tierra.

Métodos estructurales que protegen contra la lluvia y humedad ascendente.

Laurent Reynés⁶, propone proteger los muros de tierra con aleros, para proteger de la lluvia, en la parte baja un zoclo o sobrecimiento que impida la filtración del agua del suelo. Parafraseando a Laurent Reynés se requiere un buen zapato y sombrero para este sistema constructivo recubierto con tierra.

Conclusión

De acuerdo con la información obtenida, se puede concluir que hay diversas maneras de modificar la tierra como material de construcción y que a su vez sea resistente a las inclemencias del tiempo, como la humedad, los métodos mencionados aportan conocimientos necesarios cuando se construye con tierra del sitio que se elija, de ello dependerá la estabilidad de la construcción hacia cualquier lesión que se pueda presentar. Laurent Reynés Menciona “No sirve usar agregados en la tierra para sea resistente al agua si no se tiene una cubierta y bases que eviten el paso de esta”, haciendo referencia a los aleros y zócalos o también llamados sobrecimiento, determinando que el objetivo de una construcción es trabajar en conjunto cimientos, estructura y cubiertas. No se compara una vivienda de tierra con una de block comercial, la diferencia está en la parte sostenible, la dignificación del material y su incorporación a especificaciones técnicas como normas oficiales NOM para que se aceptada como material de construcción.

Bibliografía

García, E. (30 de Mayo de 2023). *dokumen.tip*. Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Downloads/dokumen.tips_modificaciones-al-sistema-de-clasificacion-climatica-de-koepfen.pdf

Guerrero, L. (30 de Mayo de 2023). *scielo.org*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632007000200002

Minke, G. (30 de Mayo de 2023). *d1.capsf.ar/*. Obtenido de http://d1.capsf.ar/wp-content/uploads/sites/3/2021/10/Manual_de_construccion_en_tierra_-_Gernot_Minke_-1.pdf

Neves, C., & Faria, O. (30 de Mayo de 2023). *redproterra.org*. Obtenido de https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/05/4a_PP-Tecnicas-de-construccion-con-tierra_2011.pdf

Veracruz, G. d. (30 de Mayo de 2023). *veracruz.mx*. Obtenido de <https://veracruz.mx/destino.php?Municipio=44>

⁵ Álvaro Lara, profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México.

⁶ Laurent Reynés Investigador en el Centro de investigación de Nantes, Francia

La Vegetación como Estrategia de Diseño Bioclimático: Muestrario con Vegetación Nativa de la Ciudad de Córdoba, Veracruz

Dr. Joel Guzmán González¹, Dr. Francisco Nieves Garnica²,
Dr. Roberto de Jesús Olavarrieta Marengo³ y Nadia Patricia Nieva Gómez⁴

Resumen--El presente escrito es un trabajo de investigación del Cuerpo académico UV-CA-469 “Sustenta y Aprende” más la colaboración de estudiantes de experiencia recepcional en la Facultad de Arquitectura Córdoba, Universidad Veracruzana. Consiste en identificar y fomentar la conservación de la vegetación de la cabecera municipal de la ciudad de Córdoba Veracruz, dicha investigación fue realizada mediante la revisión documental relacionada con la flora actual y áreas verdes de la ciudad, la información obtenida proviene de diversas fuentes bibliográficas: tesis, artículos de investigación, manuales, e inventarios, además verificación en campo. Para el desarrollo de la investigación se tomaron en cuenta árboles, arbustos, plantas y trepadoras de la zona municipal considerando investigaciones previas para su actualización. Después se describe su importancia con relación al diseño urbano arquitectónico, apoyado en fichas técnicas se plantean estrategias del uso de la vegetación en la arquitectura, beneficios bioclimáticos y el confort de los usuarios.

Palabras Clave: Vegetación, muestrario, diseño, arquitectura.

Introducción

Método de investigación que se ocupó

El método general de investigación para este trabajo mixto, se obtuvo la información por medio de datos cuantitativos y cualitativos de las diferentes especies de vegetación nativa de la zona de estudio para integrar el muestrario se ocupó la clasificación de la bióloga Lindsay Brito para indicar los usos como estrategias de diseño en arquitectura.

De acuerdo con Fosberg (1961) establece árbol, arbusto, hierba y gramínoideas. Mueller–Dombois y Ellenberg (1974) consideran las formaciones, como aquellas comunidades vegetales dominadas por una forma de vida particular (árbol, arbusto, subfrutice) y que se desarrollan en hábitat similares. Whittaker (1978), en un trabajo muy bien documentado distingue grandes enfoques en la clasificación de las comunidades vegetales clasificarlas como árbol, arbusto, yerbas y talofitas.

Referencias bibliográficas:

Nieva N.P. “Muestrario de vegetación, arboles - arbustos – plantas”. Nieva (2021).

Además, el trabajo aborda el uso de la vegetación como estrategia de diseño bioclimático mediante gráficos que explican el uso de la misma elaborados por expertos en el tema, donde se aplica el uso de distintos tipos de especies vegetales; Dicho lo anterior el muestrario y las estrategias se complementan para poder elaborar un documento que sirva de apoyo para el docente y los estudiantes de la facultad de arquitectura. En la Figura 1 se muestra de manera grafica cada uno de estos autores y su clasificación en los tipos de vegetación.

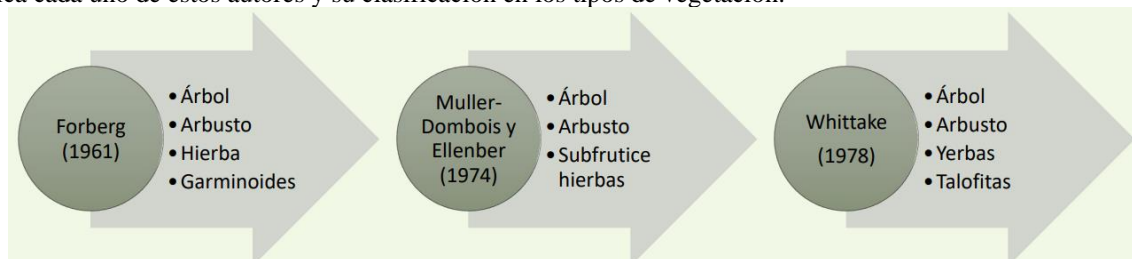


Figura 1. Clasificación de vegetación de Forgeb (1961), Muller y Eilenber (1974) y Whitake (1978).

¹ Dr. Joel Guzmán González, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. joguzman@uv.mx; ORCID ID 0009-0000-3626-575

²Dr. Francisco Nieves Garnica, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. fnieves@uv.mx

³Dr. Roberto de Jesús Olavarrieta Marengo Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. rolavarrieta@uv.mx

⁴ Nadia Patricia Nieva Gómez basado en trabajo de experiencia recepcional titulado Muestrario de vegetación de la ciudad de Córdoba, Veracruz

Beneficios del uso de vegetación en el ambiente.

Afirma la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura dice que los beneficios de los árboles son los siguientes:

- La colocación estratégica de árboles puede bajar la temperatura del aire entre 2 y 8 grados centígrados.
- Los grandes arboles son excelentes filtros para los contaminantes y las pequeñas partículas.
- Los árboles maduros regulan el flujo de agua y mejoran la calidad del agua.
- Un árbol absorbe hasta 150 kg de CO₂ al año, secuestrar carbono y en consecuencia mitigar el cambio climático.
- Pasar tiempo cerca de los árboles mejora la salud física y mental aumentando los niveles de energía y la velocidad de recuperación a la vez que descienden la presión arterial y es estrés.
- Los árboles proporcionan alimentos como frutas, frutos secos y hojas.
- Los árboles colocados de manera adecuada reducen las necesidades de aire acondicionado en un 30 % y ahorran entre un 2% y un 50 % de calefacción.
- El paisajismo, especialmente con árboles, puede incrementar el valor de un inmueble un 20%.
- Los árboles proporcionan habitat, alimentos y protección a plantas y animales, aumentando la biodiversidad urbana.

Dentro de la arquitectura sustentable se encuentra el diseño urbano arquitectónico el cual consiste en hacer un diseño arquitectónico lo más sostenible posible, y sus objetivos primordiales son la optimización de los recursos naturales así como su construcción de tal modo que el impacto ambiental se minimice ante el medio ambiente lo cual repercute directamente en el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios, ya que se aprovechan de mejor manera los recursos naturales y se logra abastecer en cuanto a sus servicios de manera natural sin dañar más el medio ambiente ayudando a frenar el deterioro ambiental.

El microclima urbano se ve afectado por la vegetación con la que cuentan las ciudades, es decir, gracias a esto existen variaciones en la temperatura de la ciudad pues impide el paso de la radiación solar directa, pero también absorbe la radiación emitida por objetos que se encuentran en el entorno. El correcto uso de la vegetación en la arquitectura tiene múltiples beneficios como la mejora de la calidad del aire al filtrar contaminantes y absorber dióxido de carbono y funciona como aislante térmico ayudando a reducir la pérdida del calor en invierno y mantener una temperatura más fresca en verano.

Beneficios del uso de la vegetación en la arquitectura.

La presencia de vegetación en la arquitectura tiene numerosos beneficios como para el bienestar humano, está comprobado que la exposición a la naturaleza y al entorno puede reducir el estrés mejorando el estado de ánimo, aumentar la productividad y promover la salud y bienestar general de las personas. Por otro lado, también el uso de la vegetación en la arquitectura ayuda a agregar belleza, color y texturas distintas a un espacio ya sea urbano o privado creando espacios más agradables y/o saludables.

- Mejora del bienestar humano: La presencia de la vegetación en entornos arquitectónicos puede tener un impacto positivo en el bienestar físico y mental de las personas.
- Mejora de la calidad del aire: La vegetación actúa como un filtro natural, ayudando a purificar el aire al absorber el dióxido de carbono y mejorar el oxígeno. También puede filtrar contaminantes atmosféricos y partículas finas.
- Regulación térmica: La vegetación puede ayudar a reducir la temperatura en entornos urbanos calurosos. Las áreas sombreadas por árboles y vegetación pueden reducir la temperatura ambiental hasta varios grados Celsius.
- Gestión del agua: Ayuda a reducir el escurrimiento superficial, controlar la erosión del suelo y mejorar la infiltración del agua en el suelo, lo que a su vez contribuye a la recarga de acuíferos y previene inundaciones.

Estos son solo algunos de los múltiples beneficios que el uso correcto de la vegetación puede aportar a una buena arquitectura. Incorporar elementos verdes en el diseño arquitectónico no solo mejora la sostenibilidad, sino que también crea entornos más saludables y agradables para las personas que los habitan o benefician.

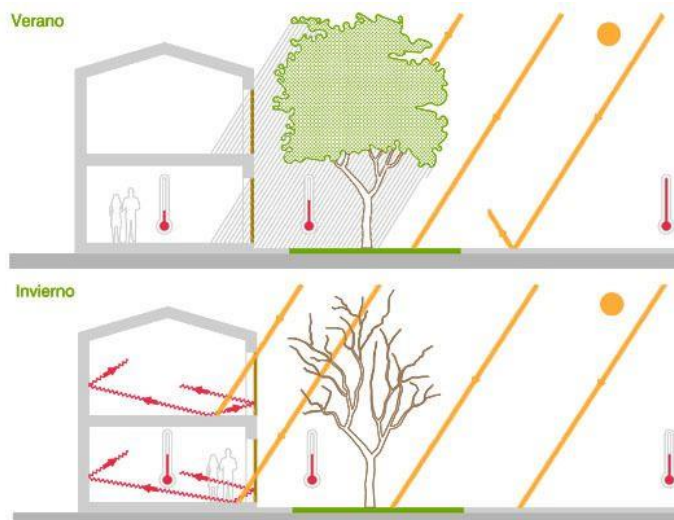


Figura 2. Ejemplo de la implementación de vegetación en la arquitectura. Nota: Obtenida de Biuarquitectura.

Clasificación de vegetación existente en Córdoba, Ver.

Las Figuras 3, 4 y 5 proporcionan una selección de diferentes especies vegetales de la zona de Córdoba Veracruz y su clasificación de acuerdo a la investigación realizada.

Familia	Nombre Científico	Localidad	NOM 059	categeotia	Latitud	Longitud
Acanthaceae	<i>Aphelandra sp.</i>	San José.	aparece famil	A,Pr,P,		
Acanthaceae	<i>Beloperone guttata wash & B.L. Sm.</i>	terrenos de la USBI -Toxpan.				
Acanthaceae	<i>Odontonema callistachyum (Schltdl. & Cham.) Kuntze</i>	Puente san Antonio.				
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata Bojer ex Sims</i>	Cerro u. habitacional Arboledas.				
Acanthaceae	<i>Thunbergia macrautha</i>	Agrícola Cuauhtemoc.				
Anacardiaceae				si aparece		
e	<i>Toxicodendron radicans (L.) Kuntze</i>	Córdoba (atrás	solo familia	A		
Annonaceae	<i>Annona muricata (L.)</i>	Infonavit sant	si aparece fan	A		
Apiaceae	<i>Coriandrum sativum L.</i>	Córdoba.	si aparece fan	P,Pr		
Apiaceae	<i>Cyclosporum leptophyllum (Pers.) Sprague ex Britton & P. Wilson</i>	USBI-Toxpan.				
Apiaceae	<i>Eryngium SP.</i>	Córdoba.				
Apiaceae	<i>Petroselinum sativum L.</i>	Ejido Berlín.				
Apiaceae	<i>Spananthe paniculata Jacq.</i>	Centro Nacional de Investigación Azucareras.				
Apocynaceae	<i>Beaumontia grandiflora Wall.</i>	Granja avícola	si aparece fan	Pr		
Apocynaceae	<i>Allamanda cathartica L.</i>	Col.Huilango.				
Apocynaceae	<i>Allamanda sp.</i>	Av. Santa clara #57 col. Sn Román.				
Apocynaceae	<i>Asclepias sp.</i>	Atrás de infonavit.				
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica L.</i>	USBI-Toxpan.				
Apocynaceae	<i>Catharanthus roseus (L.) G. Don.</i>	Zona habitacional el Dorado.				
Apocynaceae	<i>Matelea sp.</i>	Camino a Berlín, Berlín.				
Apocynaceae	<i>Nerium oleander L.</i>	Col.Arboledas.				
Apocynaceae	<i>Stemmadenia galeottiana (A. Rich.) Miers</i>	Camino a rancho Herrera.				
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana alba Mill.</i>	Ejido Cuautémoc.				
Araceae	<i>Anthurium scherzerianum Schott</i>	Col.Federal.	si aparece fan	A,Pr		
Araceae	<i>Spathiphyllum maunaloa</i>	Col.Federal.				
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreax (L.) Dene & Planchon</i>	Ejido Berlín.	no aparece			
Arecaceae	<i>Chamaedora elatior Mart</i>	USBI-Toxpan.	si esta	A		junco de bejuco
Arecaceae	<i>Chamaedorea tepejilote Liebm.</i>	Ejido Berlín.	si esta	A		
Arecaceae						
Asparagaceae	<i>Agave americana L.</i>	Córdoba.	no se encuentra			
Asparagaceae	<i>Agave sp.</i>	Jardín frente	se encuentra familia			
Asparagaceae	<i>Ophiopogon jaburan (Siebold) Lodd.</i>	Jardín particular.	Gustavo Ramos H.			

Figura 3. Inventario básico de la flora registrada en el municipio de Córdoba, ver. colectas registradas en el herbario CORU. Gheno, Y. y Clavijo, I. (2017).

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	M(*)	ORIGEN
Acanthaceae	<i>Hypoestes</i>	<i>Hypoestes phyllostachya</i> Baker	H	Madagascar
	<i>Crossandra</i>	<i>Crossandra infundibuliformis</i> (L) Nees	H	La india
	<i>Pseuderanthemum</i>	<i>Pseuderanthemum atropurpureum</i> (W. Bull) L.H. Bailey	AS	Polinesia
	<i>Sanchezia</i>	<i>Sanchezia sp.</i>	H	Perú y Ecuador
	<i>Strobilanthes</i>	<i>Strobilanthes dyariana</i> Mast.	H	Asia
Amaranthaceae	<i>Abrusanthura</i>	<i>Abrusanthura dentata</i> (Moench) Stuchlik ex R.E. Fr	H	América del N y Brasil
Anacardiaceae	<i>Mangifera</i>	<i>Mangifera indica</i> L.	A	Tropico hindú
	<i>Spondias</i>	<i>Spondias mombin</i> L.	A	América
Apocynaceae	<i>Allamanda</i>	<i>Allamanda cathartica</i> L.	H	Amazonia
	<i>Catharanthus</i>	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	H	Madagascar
	<i>Nerium</i>	<i>Nerium oleander</i> L.	AS	Mediterráneo
	<i>Purmaria</i>	<i>Purmaria rubra</i> L.	A	A central y Mx
Araceae	<i>Alocasia</i>	<i>Alocasia sp.</i>	H	Asia, Australia
	<i>Tneumatophyllum</i>	<i>Tneumatophyllum xenadu</i> (Croat, Mayo & J. Boos) Sakur., Calazans & Mayo	H	Brasil
Araliaceae	<i>Schefflera</i>	<i>Schefflera arboricola</i> (Hayata) Merr.	A	Taiwán
		<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms	A	Nueva guinea, AU
Araucariaceae	<i>Araucaria</i>	<i>Araucaria sp.</i>	A	Sudamérica
Arecaceae	<i>Adonidia</i>	<i>Adonidia merriani</i> (Becc.) Becc.,	P	Filipinas
	<i>Cocos</i>	<i>Cocos nucifera</i> L.	P	Desconocido
	<i>Dyopsis</i>	<i>Dyopsis decaryi</i> (Jum.) Beentje & J. Dransf	P	Madagascar
		<i>Dyopsis sp.</i>	P	Madagascar
	<i>Livistona</i>	<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	P	Japón y Taiwán
	<i>Phoenix</i>	<i>Phoenix roebelenii</i> (chechar)	P	Laos, Asia
	<i>Rhapis</i>	<i>Rhapis excelsa</i> (Thunb.) A. Henry	P	China y Taiwán
	<i>Roystonea</i>	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	P	Cuba
<i>Washingtonia</i>	<i>Washingtonia sp.</i>	P	Estados Unidos	

Figura 4. Familias, género y especies de las plantas presentes en las áreas verdes de los parques urbanos seleccionados de CARRERA, Sarameli; FIGEROA, José Miguel; LOPEZ, Vania Judith; (2020).

Número de control	Familia botánica	Género/especie	Individuo/conjunto	Biotipo
C1	Arecaceae y Moraceae	<i>Attalea rostrata</i> Oerst. Y <i>Ficus</i> sp. L.	Conjunto	Palmera y árbol
B1	Arecaceae	<i>Roystonea</i> sp. J. Dransf., N.W. Uhl, Asmussen, W.J. Baker, M.M. Harley & C.E. Lewis	Conjunto	Palmeras
A1	Zamiaceae	<i>Dioon spinulosum</i> Dyer ex Eichler.	Conjunto	Cicadas
A2	Zamiaceae	<i>Dioon spinulosum</i> Dyer ex Eichler.	Conjunto	Cicadas
D1	Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Individuo	Árbol
D2	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Individuo	Árbol
D3	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Individuo	Árbol
D4	Moraceae	<i>Ficus</i> sp. L	Conjunto	Árbol
E1	Moraceae	<i>Ficus</i> sp. L	Individuo	Árbol
C2	Moraceae	<i>Ficus</i> sp. L	Individuo	Árbol
F1	Ulmaceae	<i>Ulmus mexicana</i> (Liebm.) Planch.	Conjunto	Árbol
G1	Cyatheaceae	<i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée Y	Conjunto	Helechos
		<i>Sphaeropteris horrida</i> (Liebm.) R.M. Tryon		arborescentes

Figura 5. Clasificación de vegetación del catálogo de Joyas Botánicas de Córdoba, Veracruz. Alvarado, Augusto Felipe (2019).

Ficha descriptiva para muestreo de vegetación

El muestreo debe ser práctico, debe contener información técnica, es un elemento más en la comunicación visual ya que la comunicación es clave para un buen desarrollo que simboliza ideas, describe productos y crea una imagen; los datos que proporciona una ficha descriptiva son clasificación, nombre científico, nombre común, descripción, origen o distribución, altura, forma, medidas, tipos, periodos de floración, flor y un calendario que muestre de manera grafica los últimos dos datos. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de ello el cual pertenece al Muestreo de vegetación, arboles - arbustos – plantas, Nieva (2021).

ÁRBOLES

NANCHE

Brysonima crassifolia

 Nativa

 Terrestre






CLASIFICACIÓN
Nombre científico: Brysonima crassifolia
Nombre común: Nanche, nipoen, arrayan, zapotillo amarillo
Descripción (observaciones):
 son hemifrutícolas, tiene un tronco frecuentemente torcido y una copa redonda y densa, irregular compuesta de ramas delgadas.
 Es un árbol que proporciona habitat y alimento a la fauna silvestre, es apropiado para ser utilizado en programas de reforestación y restauración ecológica.

CARACTERÍSTICAS
Origen o distribución: originario de las regiones tropicales húmedas y subtropicales de América, su distribución comprende, México, las Antillas, Bolivia, Perú, Paraguay etc.
Altura: 10 m
Forma:
Díámetro de copa: >20 cm
Tipo de árbol: caducifolio, simples y decusadas. La lamina es ovada de 4 a 15 cm de larga, presentan una coloración verde claro y brillante en el haz y verde amarillento en el envés.
Tipo de raíz:
Periodo de floración: de abril a julio y fructifica entre julio y octubre
Flor: nacen agrupadas en racimos, hasta de 15 cm de largo, tienen cáliz verde, de 5 pétalos de color amarillo o anaranjado de 1 cm de largo.

Fito calendario ■ Floración

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
			■	■	■	■					

PODAY-	REGO	CONTROL	PROPAGACIÓN	USOS	CRECIMIENTO
				Ornamental - Cerco vivo - Frutal - Sombra	

Figura 5. Muestrario de vegetación, arboles- arbustos-plantas, Nieva (2021)

Conclusión

De acuerdo con la información anterior se puede concluir que la vegetación se presenta como una estrategia fundamental en el diseño bioclimático de para la arquitectura, ofreciendo amplios beneficios como el equilibrio entre un entorno natural y el ambiente construido, haciendo así espacios más sostenibles, saludables y agradables. Esto también ayuda a reducir significativamente el consumo de energía y permite moderar las temperaturas adecuadas al clima, además, actúan como aislantes térmicos naturales.

El muestrario de vegetación ofrece una amplia variedad de opciones para implementar en proyectos. Estos ejemplos de demostración muestran cómo es posible el integrar estos elementos naturales creando espacios más amigables.

Referencias

- Gheno, Y. y Clavijo, I. “Inventario básico de la flora registrada en el municipio de Córdoba, ver. colectas registradas en el herbario CORU.” (2017).
 Alvarado A. F. “Clasificación de vegetación del catálogo de Joyas Botánicas de Córdoba, Veracruz”. (2019).
 Carrera S., Figueroa J.M. y Lopez V.J. “Parques urbanos: una estrategia para la conservación de la flora regional. (2020).
 Nieva N.P. “Muestrario de vegetación, arboles - arbustos – plantas”. Nieva (2021).

Extracto de las Hojas de la *Coccoloba Uvifera* como Inhibidor de Corrosión sobre el Acero 1018 en Medio Ácido

Ing. Nancy del C. Huchin Chan¹, Dra. Sandra Jazmín Figueroa Ramírez²,
Dra. Jesús Porcayo Calderón³, Dr. Juan Manuel Sierra Grajeda⁴, Dra. Mayra D. Manrique Ortega⁵.

Resumen— La corrosión de metales se produce mediante un proceso electroquímico, en el cual los metales reaccionan con su entorno y su degradación es de forma gradual, afectando puentes, edificios, maquinarias, plataformas marinas, tuberías, entre otros. Particularmente, el acero 1018 se utiliza en procesos petroleros y está expuesto a medios ácidos, provocando la reducción de la calidad del metal. Los inhibidores de corrosión sirven para reducir la velocidad de corrosión en diferentes metales y aleaciones. La importancia de emplear tratamientos de carácter sustentable para el ambiente ha originado el uso de inhibidores provenientes de extractos de plantas (flor, fruto, semilla, raíz). En el presente trabajo se analizó la inhibición de la corrosión del acero 1018 empleando el extracto de las hojas de *Coccoloba Uvifera* en medio ácido. El extracto se obtiene por el método de maceración. Se evalúa el extracto como inhibidor de corrosión empleando diferentes técnicas electroquímicas como la Resistencia a la polarización lineal (RPL) y Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE) durante 24 horas de inmersión en 1 M HCl

Palabras clave— Acero 1018, *Coccoloba Uvifera*, Corrosión, Extracto, Inhibidor.

Introducción

El acero 1018 es un acero bajo en carbono que se utiliza en las tuberías en la industria petrolera, una particularidad de este acero es cuando se encuentra en contacto con algún medio ácido, se devalúa la calidad del material (Teng, 2021). La corrosión de metales se produce debido al ataque químico que hay en su entorno (El Azzouzi, 2022). Por lo cual es necesario implementar técnicas de prevención y control de la corrosión para mitigar el daño que se origina en los materiales que se encuentran expuestos a un medio corrosivo (Zakeri, 2022). El método más económico de mitigar la corrosión es inhibiendo el proceso. Un inhibidor de corrosión es una sustancia que se añade en pequeñas concentraciones a un sistema sin alterar el proceso y que reduce eficazmente la corrosión (Bardal, 2003). En la actualidad los científicos buscan alternativas de protección que sean amigables con el medio ambiente (Kahkesh, 2021); el uso de inhibidores provenientes de extractos de plantas ha llamado la atención, debido a que se puede aprovechar las partes que conforman a la planta como son: las frutas, semillas, cáscara, hojas, flor, raíz y tallo (Miralrio, 2020). El Sureste mexicano, se caracteriza por la gran diversidad de flora con la que cuenta, en especial con la planta de la *Coccoloba Uvifera*, conocida como uva de mar, la cual se ha usado en el campo de la medicina alternativa. La uva de mar contiene diversos compuestos orgánicos (Lim, 2013), (polifenoles, taninos, entre otros), que se pueden aprovechar como inhibidor verde de corrosión. Por esta razón, en el presente trabajo se evaluará la inhibición de la corrosión del acero 1018 utilizando el extracto de las hojas de *la Coccoloba uvifera* en un medio de 1 M HCl mediante técnicas electroquímicas.

Metodología

Obtención del extracto.

Las hojas de planta *Coccoloba Uvifera* se recolectaron en Playa norte, Ciudad del Carmen, Campeche. Posteriormente, se secaron en el horno y se trituraron hasta obtener un tamaño de 250 mm. El extracto se obtuvo mediante el método de maceración, utilizando etanol como solvente.

Preparación de las probetas.

Para obtener las probetas adecuadas para la caracterización electroquímica, se corta una barra cilíndrica de acero AISI 1018 (diámetro 1 pulgada) con una altura de 1 cm. Las cuales, se sueldan con un alambre de cobre sobre

¹ Ing. Nancy Huchin Chan, estudiante de la Maestría en Ingeniería de Materiales y Energía de la UNACAR, becado por CONACyT 2021. 212522@mail.unacar.com

² La Dra. Sandra Jazmín Figueroa Ramírez es profesora investigadora de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UNACAR, Ciudad del Carmen, Camp. sfigueroa@pampano.unacar.mx (autor corresponsal)

³ El Dr. Jesús Porcayo Calderón es profesor investigador de tiempo completo en la Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora. jporcayoc@gmail.com

⁴ El Dr. Juan Manuel Sierra Grajeda es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UNACAR, Ciudad del Carmen, Camp. jsierra@pampano.unacar.mx

⁵ La Dra. Mayra D. Manrique Ortega es profesora investigadora de tiempo completo en la Maestría en Ciencias de la Preservación de Materiales de la UAC, San Francisco de Campeche, Camp. mdmanriq@uacam.mx

una de las caras, después se encapsulan con resina epóxica. Finalmente, se pulen con lijas de carburo de silicio con numeración de 60-600 y se limpian con agua destilada y acetona.

Caracterización electroquímica.

Se emplea una celda electroquímica típica de tres electrodos, como electrodo de referencia se utiliza el calomel $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2$, Sat. KCl (SCE), como electrodo auxiliar una barra de grafito y el acero 1018 como electrodo de trabajo. Se emplearon concentraciones del inhibidor de 200 hasta 1000 ppm en 1 M HCl a 25°C.

Para evaluar el inhibidor se utilizó una secuencia experimental durante 24 horas, se inició con la medición del potencial de corriente nula (E_{ocp}) durante 30 min. Posteriormente, se utilizó la técnica de Resistencia a la Polarización Lineal (RPL), la cual se realizaba cada hora, y la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica cada 3 horas. A continuación, se describen las condiciones de las técnicas electroquímicas:

- Resistencia a la polarización Lineal (RPL): Se utiliza una velocidad de barrido de 0.125 mV/s en el intervalo de ± 10 mV vs E_{corr} .
- Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE): Se aplicó una pequeña amplitud de ± 10 mV, en un rango de frecuencia de 10,000 Hz, con 8 puntos por década y la respuesta es medida por corriente alterna.

Para calcular la eficiencia del inhibidor con base a la técnica anterior, se implementa la siguiente ecuación:

- Resistencia a la polarización Lineal (RPL):

$$IE (\%) = \frac{Rp_{inh} - Rp_{blanco}}{Rp_{inh}} \times 100 \quad (1)$$

En el que Rp_{inh} y Rp_{blanco} corresponden a la resistencia a la polarización en presencia y ausencia del inhibidor.

Resultados y Discusiones

Evaluación del extracto mediante técnicas electroquímicas

Con la finalidad de conocer la interacción del metal con y sin inhibidor se midió el potencial a circuito abierto (E_{ocp}) previo a las mediciones electroquímicas. En la figura 1 se muestra la respuesta del E_{ocp} vs tiempo del acero 1018 con ausencia y presencia del inhibidor a diferentes concentraciones (200 ppm a 1000 ppm) en 1 M de HCl a temperatura ambiente durante 30 minutos. De forma general, se observa en todos los casos que el potencial inicial es independiente de la concentración del inhibidor. En ausencia del inhibidor el E_{ocp} varía desde los primeros minutos hasta obtener un valor de -0.520 V. Esto sucede porque la superficie del acero 1018 se encuentra activa a la corrosión, debido a que no cuenta con una capa protectora. En la concentración de 200 ppm se observa un comportamiento similar al acero sin inhibidor. Para las concentraciones de 400 ppm, 600 ppm y 1000 ppm se observa que el potencial disminuye negativamente con el tiempo y después de 300 s incrementa positivamente, hasta llegar a -0.530 V, -0.520 V y -0.510 V, respectivamente. Con este estudio se deduce que la adición del inhibidor influye en el comportamiento del potencial, el cual está asociado con la interacción del inhibidor con el metal.

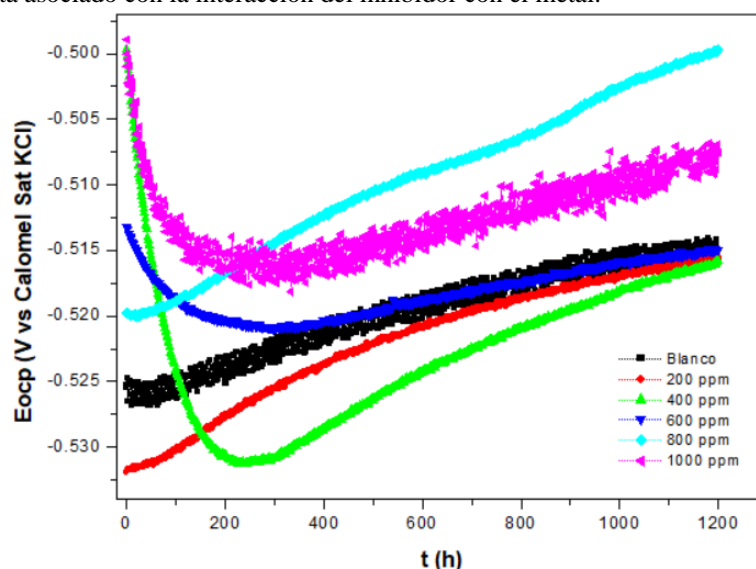


Figura 1. Comparación de los valores del E_{ocp} versus tiempo de inmersión para el acero 1018 sumergido en 1 M HCl (blanco) y en presencia del inhibidor del extracto *Coccoloba uvifera* durante 30 minutos.

Para conocer la eficiencia del inhibidor, se realizó un estudio de resistencia a la polarización lineal durante 24 horas. En la figura 2 se observan las curvas correspondientes a la resistencia a la polarización lineal obtenidas sobre el acero 1018 con y sin inhibidor durante 24 horas. Comparando las respuestas, se observan valores bajos de resistencia para el acero en ausencia del inhibidor, indicando una mayor velocidad de corrosión. La concentración de 200 ppm muestra que a partir de la primera hora se comienza a estabilizar, pero se presencia una desestabilización a partir de la hora 4, ya que tiende a incrementar y disminuir su estabilidad, hasta que a la hora 7 se mantiene constante; sin embargo, a la hora 11 comienza a decaer la resistencia, hasta que, a las 24 horas, llega al valor con el cual inició. La concentración de 200 ppm muestra que a partir de la hora 9 la R_p alcanza el valor máximo para esta concentración, después de la hora 12 comienza a decaer y llega al valor con la cual inició. Seguidamente la concentración de 400 ppm se estabiliza a un tiempo de 6 horas y se mantiene constante, hasta que a la hora 18 decae proporcionalmente hasta llegar a la hora 24. Se puede observar que la concentración de 600 ppm es la que se mantiene más estable, desde la hora 6 de inmersión se mantiene de esta manera; pero cuando alcanza las 21 y 24 horas se observa una pequeña pérdida en la R_p . Posteriormente, la concentración de 800 logra a las 3 horas de inmersión y desciende paulatinamente hasta las 6 horas de inmersión, hasta concluir toda la secuencia. En comparación con las dos concentraciones anteriores, se observa que la concentración de 1000 ppm mantiene una resistencia más baja después de las 3 h, la cual tiende a incrementar y disminuir en el transcurso del tiempo, mostrando valores inestables.

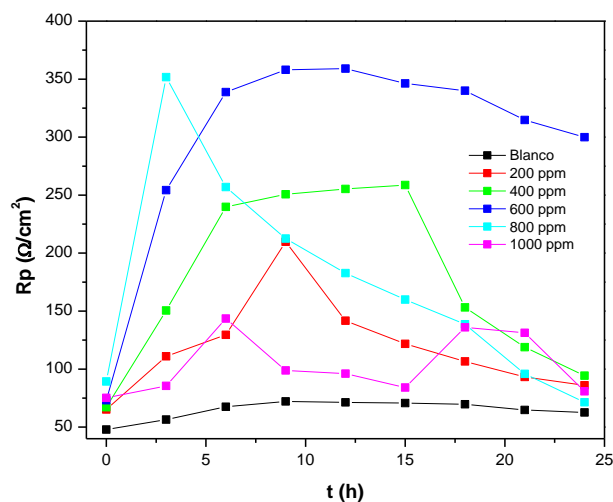


Figura 2. Curvas obtenidas durante la resistencia a la polarización lineal durante 24 horas.

Considerando los resultados de la figura 2 y la ecuación (1), se determinó la eficiencia del inhibidor. En la Figura 3 se presentan la curva de eficiencia del inhibidor en función del tiempo. La concentración de 200 ppm mantiene bajos porcentajes eficiencia de inhibición a partir de las primeras horas y son inestables, se identifica que a las 9 horas alcanza un valor de eficiencia de 65%, este valor es el más alto que posee la concentración, ya que luego tiende a decaer. Por lo tanto, la de 400 ppm se visualiza que en el periodo de 6 a 15 horas manifiesta eficiencias de 70%, pero en el periodo de 18 horas tiende a disminuir hasta terminar el periodo de exposición. Entonces la concentración de 600 ppm presenta una eficiencia alrededor del 80% a partir de las 3 horas de exposición y se mantiene constante durante las 24 horas, siendo esta concentración la que mejor comportamiento presenta. A 800 ppm se muestran su eficiencia más alta a la hora 3 con un 80% en las primeras 5 horas y comienza a decaer después de las 6 horas, concluyendo con una eficiencia más baja que con la que inició. Finalmente, la eficiencia en la concentración de 1000 ppm se distingue por tener valores inconstantes (suben y bajan) en función del tiempo, alcanzado una eficiencia máxima de 55% a las 5 horas de inmersión.

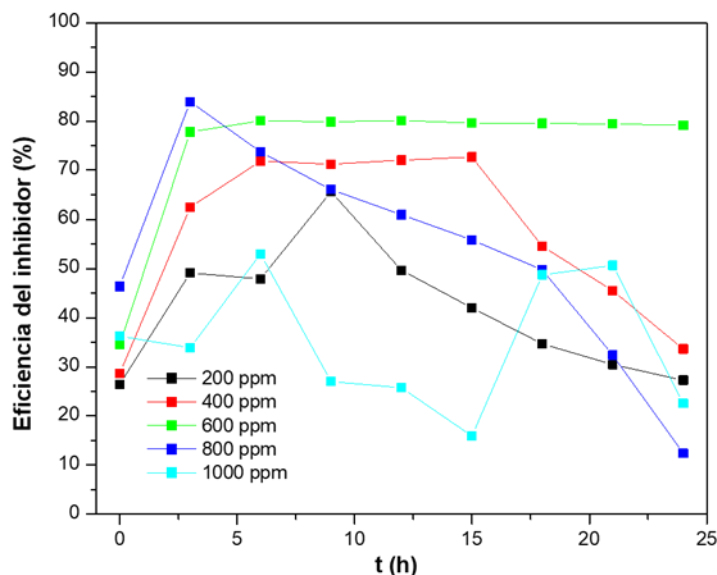


Figura 3. Curvas de eficiencias del inhibidor obtenidas sobre el acero 1018 sin y con inhibidor. }

Otra técnica muy utilizada para evaluar la eficiencia de un inhibidor es la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica. En la figura 4 se representan los diagramas de Nyquist del acero 1018 sin inhibidor y con diferentes concentraciones del inhibidor (indicadas en la figura) obtenido durante 24 horas. En la respuesta del blanco, se observa un semicírculo asociado a los procesos de transferencia de carga, conforme incrementa el tiempo de exposición, el diámetro del semicírculo disminuye debido a que el metal es atacado por el medio ácido formando productos de corrosión. Comparando los diagramas obtenidos con las diferentes concentraciones, se puede observar la formación del semicírculo, cuyo diámetro está asociado con la resistencia a la polarización y la velocidad de corrosión. Donde, el incremento del semicírculo indica una disminución de la velocidad de corrosión. Para la concentración de 200 ppm se observa un incremento del diámetro del semicírculo hasta las 9 h, posteriormente, el diámetro disminuye hasta las 24 h de exposición. A 400 ppm se observa el incremento del diámetro hasta las 6 h y se mantiene durante 6, 9, 12 y 15 h, posteriormente disminuye a partir de las 18 h. Para 600 ppm, el diámetro incrementa y se mantiene constante a partir de las 6 h y hasta las 24 h. A 800 ppm se observa un incremento del potencial hasta las 3 h y después disminuye. Finalmente, en la concentración de 1000 ppm se observa el semicírculo incompleto e incrementa hasta las 6 h y posteriormente disminuye.

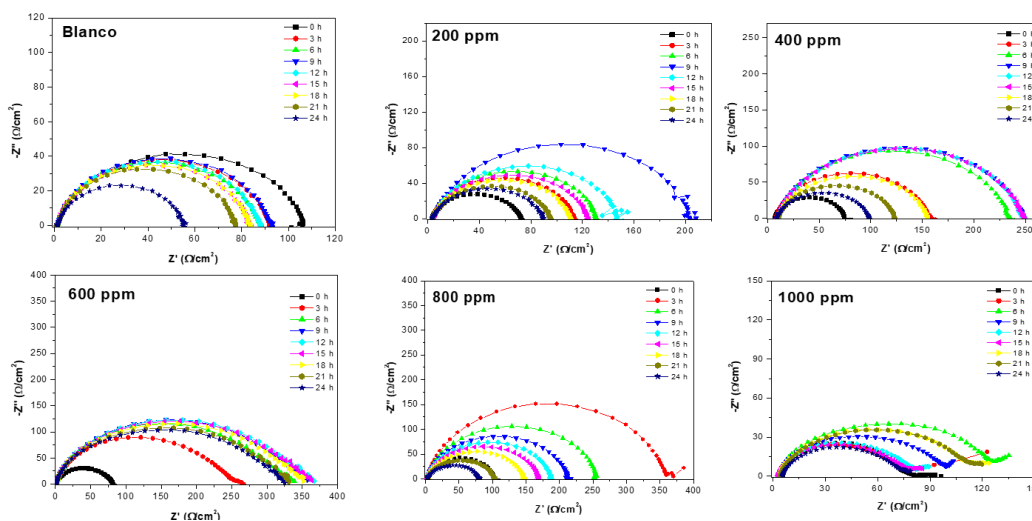


Figura 4. Diagramas de Nyquist obtenidas sobre el acero 1018 empleado diferentes concentraciones del inhibidor en 1 M HCl durante 24 horas de exposición.

Con la finalidad de analizar la superficie de las probetas después de las pruebas electroquímicas, se utilizó un microscopio electrónico de barrido (SEM). En la figura 5 muestra la comparación de las imágenes obtenidas del acero 1018 antes (blanco) y después de las pruebas electroquímicas. Comparando, las imágenes se pueden observar que la concentración de 1000 ppm presenta una superficie porosa, debido a la corrosión sobre el metal. La concentración de 200 ppm y 600 ppm presentan una menor corrosión.

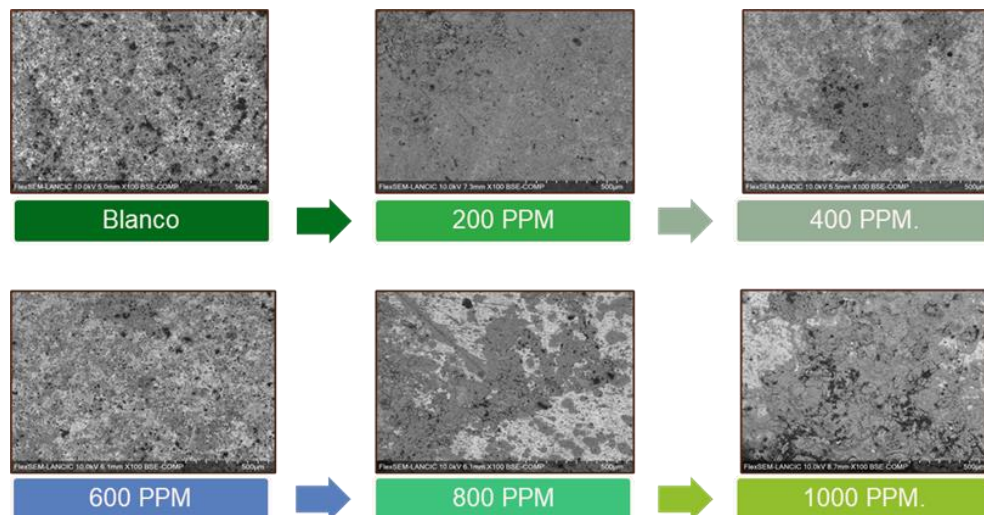


Figura 5. Imágenes obtenidas del acero AISI 1018 en 1 M HCl a 25°C antes y después de las técnicas electroquímicas a 24 horas mediante SEM.

Conclusiones

En este estudio se determinó la eficiencia del extracto de las hojas de la *Coccoloba Uvifera* en el acero AISI 1018, en un medio de 1 M HCl. Los resultados de la Eocp durante un periodo de prueba de 30 minutos, se puede deducir que la adicción del inhibidor cambia significativamente el valor de Eocp a valores más positivos y que este cambio es importante conforme incrementa la concentración, lo cual puede suceder por la formación de una película protectora sobre el acero 1018. Los estudios de resistencia a la polarización lineal (RPL), establecieron que la concentración de 600 ppm es la que presenta un mejor comportamiento, alcanzando y manteniendo una eficiencia de inhibición del 80%. Los resultados obtenidos para los experimentos de EIS, manifiestan una alta eficiencia de inhibición después de 6 horas de inmersión en el medio ácido del acero 1018, en la concentración de 600 ppm. Con base a los resultados obtenidos y los estudios de la superficie, se puede confirmar la acción inhibidora del extracto de *Coccoloba uvifera* en las concentraciones con inhibidor sufren menos daños, que la superficie que no contiene el inhibidor. Finalmente se muestra que el extracto etanólico de la *Coccoloba Uvifera*, tiene un alto potencial de aplicación como inhibidor verde de corrosión sobre el acero 1018 en un medio ácido.

Limitaciones

Con base a lo expuesto y analizado anteriormente, se puede determinar que una de las limitantes que puede presentar este proyecto es el tiempo de exposición y la concentración que se está trabajando, es decir, hay concentraciones que después de un cierto tiempo determinado decaen y producen valores más bajos en su eficiencia. De igual manera, otra particularidad de las concentraciones es que, por más cantidad de esta, no produce una mejor eficiencia en los tiempos de exposición.

Referencias

Bardal, E. (2003). *Corrosion and Protection*. Estados Unidos de América: Springer.

El Azzouzi, M.-A. K.-W.-H.-S.-S.-Y.-A.-J. (2022). Moroccan, Mauritania, and senegalese gum Arabic variants as green corrosion inhibitors for mild steel in HCl: Weight loss, electrochemical, AFM and XPS studies. *Journal Molecular Liquids*, 11. doi:10.1016/j.molliq.2021.118354

Kahkesh, H.-Z. B. (2021). Solution, Corrosion protection evaluation of Allium Jesdianum as a novel and green source inhibitor for mild steel in 1M HCl. *Journal of Molecular Liquids*, 15. doi:10.1016/j.molliq.2021.117768

Lim, T. (2013). *Coccoloba uvifera*. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*, 4. doi:10.1007/978-94-007-5653-3_24

Miralrio, A. V. (2020). Plant extracts as green corrosion inhibitors for different metal surfaces and corrosive media: A review. *Processes*, 28. doi:10.3390/PR8080942

- Teng, Y. -Z.-W.-Y.-M.-B.-Y. (2021). Anthocyanin as sustainable and non-toxic corrosion inhibitor for mild steel in HCl media: Electrochemical, surface morphology and theoretical investigations. *Journal Molecular Liquids*, 344, 9. doi:10.1016/j.molliq.2021.117721
- Zakeri, A.-B. E.-A. (2022). Plant extracts as sustainable and green corrosion inhibitors for protection of ferrous metals in corrosive media: A mini review. *Corrosion Communications*, 14. doi:10.1016/j.corcom.2022.03.002

Análisis Comparativo de Precisión y Rendimiento del Sensor GPS Neo 6m

¹Ing. C.F. Ignacio-Barron, Ing. M. Reséndiz-Trejo, Dr. L.A. Morales-Hernández.

Resumen- El artículo explora los diferentes resultados al utilizar el sensor GPS Neo 6m por sus características ya que es un sensor accesible en el mercado, para diferentes aplicaciones y un análisis sobre el error que este presenta, ya que esto depende de los siguientes factores: ambientales, diseño de proyecto, software usado y factores de implementación. En los proyectos revisados, se emplean tarjetas de adquisición de datos con uso de microcontroladores; Arduino, Raspberry Pi 3 debido a su facilidad de adquisición, manejo y la amplia disponibilidad de información que hay en internet. Estas tarjetas de adquisición son versátiles ya que permite la conexión de múltiples sensores a través de sus diferentes protocolos de comunicación que amplían su compatibilidad. El objetivo es comparar los datos proporcionados por el sensor GPS NEO-6 en diferentes implementaciones para determinar la mejor combinación y considerar el reducir los errores de localización en comparación con los especificados por el fabricante del chip GPS. Esto ayudará a optar por el mejor desempeño de este sensor y mejorar la consideración en futuros proyectos empleados. Además, de destacar que la calibración del módulo GPS es conveniente y puede requerir software externo, más no programación adicional más allá de las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

Palabras clave: Robot de localización, GPS, microcontrolador, GPS NEO-6, localización.

Introducción

Uno de los sistemas de localización más populares es el sistema GPS (sistema de posicionamiento global) el cual permite determina la ubicación geográficamente de un objeto o persona en tiempo cuasi real haciendo uso de una red satelital[1], este sistema provee al usuario una localización e información a pesar de las condiciones del tiempo.

El sensor GPS ocupa las coordenadas del sistema de navegación mediante tiempo y distancia, esto es realizado por el departamento de defensa de los Estados Unidos, que lo provee con la capacidad de poder navegar en aire, mar y tierra.[2]

El uso de este sensor ayuda a la generación de sistemas de localización y de mapeo, que actualmente son fundamentales para el ámbito de la robótica móvil, ya que le da la capacidad a un robot o un sistema autónomo de conocer su entorno y brindar su ubicación real, esta tendencia está ligada a la autonomía que se está implementando en los vehículos actuales de uso cotidiano, ya que con esta tecnología ayuda a moverse y reconocer su ambiente para hacer de un viaje rápido y seguro. Con esta capacidad se pueden planificar rutas en caso de obstrucción, movimientos y evasión de obstáculos presentes en su entorno haciendo más fácil el explorar y reconocer ambientes desconocidos, el desarrollo de estos sensores accesibles en el mercado brindan y garantizan una mejor experiencia y desarrollo de diseño de sistemas autónomos y robots [1], esto permite tener opciones en el mercado más accesibles y de mejor calidad que son compatibles para una inmensa implementación en proyectos usando microcontroladores que también son accesibles.

El sistema GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles) es un estándar de comunicaciones inalámbricas que transmite datos como lo pueden ser voz o texto de un dispositivo a otro, usando una tarjeta SIM (Módulo de Suscripción de Identidad) el cual mediante una operadora telefónica permite mandar una gran cantidad de datos móviles[1][4].

Los sistemas GPS que integran un sistema GSM le da al usuario un privilegio para localizar rápidamente un objeto o persona, ya que a partir de un dispositivo móvil es más fácil mandar las coordenadas, además de servir para desarrollar sistemas antirobo, que puedan mandar la señal por sistema SMS o internet.[3]

Los sensores de reconocimiento, como lo pueden ser sensores ultrasónicos o LiDAR, es una tecnología que se encuentra en tendencia en el mercado por su nueva implementación la cual ayuda en la detección de obstáculos y la construcción de mapas virtuales mediante softwares externos, ya que estos emiten pulsos de luz láser u ondas de ruido las cual al rebotar en su entorno u objetos rebotan al sensor, lo que ayuda a conocer la distancia del obstáculo, con esta información se pueden realizar mapas y descripciones de su entorno en mapas 2D o 3D[5].

En este artículo se explorará el uso del sensor GPS Neo 6m y la combinación con otros sensores que se implementan en diferentes proyectos y observar quien se acerca a las mediciones que brinda el fabricante.

La mayoría de estos proyectos usan microcontroladores accesibles en el mercado como lo es Arduino y Raspberry Pi3 que son un gran auxiliar en la adquisición de datos y la interpretación de las coordenadas del sensor

¹ Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Querétaro
cignacio20@alumnos.uaq.mx, mrsendiz77@alumnos.uaq.mx, luis.morales@uaq.mx

GPS, ya que cuentan con un entorno de programación es bastante amigable y el uso hoy en día es mayor por lo cual es mucho más fácil encontrar información y datos del mismo.

Para la comunicación del sensor GPS con los microcontroladores se requiere de una comunicación UART (Receptor/Transmisor Asíncrono Universal), el cual consigue transformar los bits de información de paralelo a serie, haciendo de esta manera transmitir por un solo cable garantizando el que lleguen y regresen los datos en el orden en que se envía. Esta comunicación la disponen muchos microcontroladores como lo son Arduino y Raspberry, donde se utilizan los pines Tx y Rx como transmisor y receptor respectivamente.[6]

Se considera a Arduino y Raspberry Pi 3 microcontroladores buenos para el uso y aplicaciones en proyectos, ya que su distribución de conexiones y de compatibilidad con diferentes protocolos de comunicación que ayudan a ampliar la implementación y uso con diferentes sensores.[2]

La serie de módulos NEO-6 es una familia de receptores GPS los cuales están basados en la arquitectura UBLOX6 el cual es el chip de funcionamiento, que permite y ofrece múltiples opciones de conectividad para dispositivos accesibles en el mercado y de un tamaño pequeño; La arquitectura del módulo NEO-6 hace que sea una buena opción en proyectos de localización por el voltaje de alimentación y almacenamiento, debido a su sistema de posicionamiento de 50 canales permite realizar búsquedas masivas en menor tiempo, brindadas por el fabricante que son menores a 1 segundo.

En términos de rendimiento, el sensor GPS Neo 6M ofrece una excelente sensibilidad, lo que lo convierte en una opción ideal para usarse en áreas de poca intensidad, una de las ventajas que tiene el sensor es el rango de funcionamiento ya que presenta una precisión típica de 2.5 m, lo que indica que la posición del sensor está dentro de este radio, proporcionando de coordenadas en mediciones, trabajando a velocidades desde los 0 hasta los 1800 kilómetros lo que lo hace útil en vehículos de alto rendimiento, en cuestiones de altura puede trabajar desde -5,000 a 50,000 metros, funcionando en altitudes por debajo del nivel del mar, lo cual lo hace una opción para el uso de drones, robots de altura o robots sumergibles.[7]

Los resultados esperados son comparar los datos del sensor GPS NEO-6 en diferentes proyectos reportados en la literatura, tomando en cuenta los sensores añadidos a la tarjeta de adquisición de datos, de este modo se visualizará en qué circunstancias el error o diferencia de datos con respecto con el fabricante se presentan. Estos datos contribuyen a considerar el uso que se le puede dar al sensor para nuevos proyectos, o un plan de mejoras que contemple el error generado por el sensor, por otro lado, la calibración de este módulo es conveniente pero para ello se requiere de software externos brindado por el fabricante.[8]

Metodología

Se realizó este trabajo realizando una investigación, para ello se buscaron proyectos que usaran el sensor GPS Neo y que presenten la particularidad de usar tarjetas como lo son Arduino y Raspberry Pi 3, realizando una comparación de los datos obtenidos en la localización, y en el tiempo de arranque del sensor, además de visualizar la ventajas y beneficios del sensor, así como la familia de sensores, donde se comparó con los datos del fabricante y los datos obtenidos por los participantes que ocuparon el sensor GPS NEO-6 que ayudo a adquirir coordenadas de sus proyectos con mayor facilidad con cualquier tarjeta de adquisición de datos compatible con el protocolo de comunicación, de esta forma fue posible dar a conocer las coordenadas a distancia mandando su ubicación mediante dispositivos inalámbricos mediante una conexión serial conectado al microcontrolador, estos datos pueden ser reinterpretados por el microcontrolador y se pueden ingresar o visualizar en un sistema de localización, como lo es Google Maps, que es una herramienta en línea permite localizar cualquier punto al ingresar las coordenadas, de esta manera puede funcionar como corroboración de la ubicación brindada por el sensor GPS.



Fig. A) Módulo GPS NEO-6m.

El sensor identifica variables como lo son latitud, longitud, altitud de posicionamiento y el error de datos de codificación entre los que se obtienen del satélite y la tarjeta de adquisición.[2]

Este sensor presenta dos modos de arranque, el cual es el arranque frío y el arranque rápido.

El arranque en frío se produce cuando el módulo solo tiene el almanaque válido para realizar la conexión con los satélites, el tiempo normal de conexión con este arranque ronda los 45 segundos". "El arranque más rápido de todos

es el arranque en caliente. Este ocurre tras una breve desconexión del receptor GPS (por ejemplo, el paso por un túnel) y la reconexión ocurre en un periodo de 1 a 5 segundos aproximadamente...”[6]

Dentro de la información de los proyectos se revisaron los datos que brindo el sensor y se realizó una tabla de comparación con los resultados de medición, con esto verificando la efectividad del sensor GPS con la que fabricante especifica, el mismo fabricante especifica que los resultados del sensor pueden ser alterado por las condiciones climáticas y el consumo eléctrico.[7]

Dentro de los proyectos investigados se ocupan como primordial la tarjeta Arduino Uno y Raspberry Pi 3.



Fig. B) Tarjeta Arduino Uno.



Fig. C) Tarjeta Raspberry Pi 3.

Resultados

La mayoría de los proyectos analizados utilizaron como dispositivo de localización la familia del GPS NEO-6, el cual se caracteriza por ser muy accesible en el mercado, que en conjunto con un microcontrolador como lo son las tarjetas anteriormente mostradas ayuda a tener una buena codificación de las coordenadas navales, además todos los proyectos analizados utilizaron el mismo protocolo de conexión para el sensor GPS en la tarjeta de adquisición de datos.

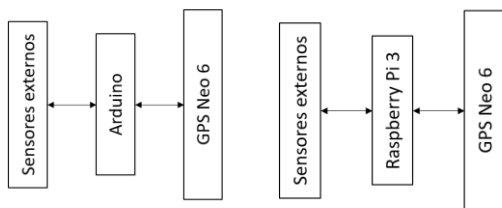


Fig. D) Diagrama de conexión del sensor GPS en Arduino y Raspberry Pi 3.

Dentro del proyecto “Diseño e implementación de un vehículo autónomo con navegación basada en un sensor tipo LIDAR” dentro de su metodología este realizo una calibración externa usando el programa U-center, programa distribuido por U-blox fabricante del módulo GPS, donde el logro en lugares cerrados un error de 5 metros, y para lugares abiertos el error se redujo considerablemente a 1.5 metros.

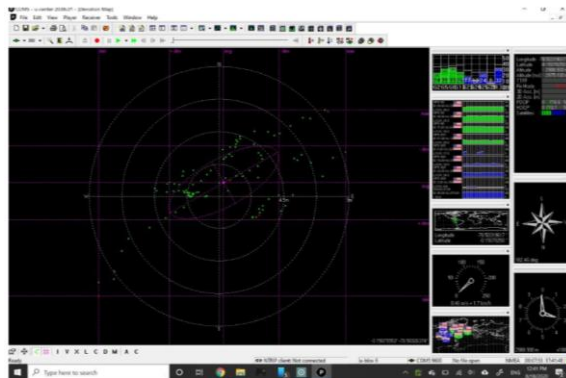


Fig. D) Captura de pantalla del programa de calibración del GPS por U-blox 1[8]

Esto permite encontrar satélites y bajar la interferencia entre dispositivos, lo cual brinda al módulo un excelente rendimiento a la hora de navegar en la mayoría de condiciones.

En el artículo “Una cámara omnidireccional montada en una mochila con sensores de navegación para cartografía terrestre móvil: Desarrollo y aplicación forestal” incorporo a un Arduino Uno una cámara y un giroscopio en conjunto con el sensor GPS de esta manera la combinación de estos sensores ayudaron a que su experimentación obtuviera resultados favorables y una mejor presión en la localización y reduciendo el error de 10 a 35 cm, esto siendo empleado en un bosque a cielo abierto, estos resultados variaban mediante la velocidad de sujeto que traía cargando la mochila con el sistema de localización. [9]

A continuación, se presentan los datos brindados por el fabricante del sensor GPS Neo.

Dispositivo	Voltajes de entrada	Precisión	Tiempo de conexión	Canales de frecuencia	Interfaz de lectura
NEO-6M	2.7-3.6v	2.5m	26s	50 canales	DDC USB SPI UART
NEO-6G	1.75-2.0v	2.5m	26s	50 canales	DDC USB SPI UART
NEO-6Q	2.7-3.6v	2.5m	26s	50 canales	DDC USB SPI UART

Tabla 1.) Comparativa de dispositivos GPS con la arquitectura UBLOX6.

***DDC: Display Data Channel (Canal de datos de Pantalla); USB: Universal Serial Bus (Puerto Serial Universal); SPI: Serial Peripheral Interface (Interfaz Periférica Serial); UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal).**

A continuación, se muestran algunas características obtenidas por varios autores que implementaron el sensor GPS ya mencionado.

Nombre del proyecto	Autor(es)	Resultados
Diseño de un Sistema de seguridad y monitoreo satelital para una bicicleta por medio de GMS y GPRS.	Yesid Fabian Briseño Murillo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta: Arduino • Comunicación serial • Voltaje de alimentación: (3.5 – 5) VDC y 55 mA • Velocidad de comunicación: 9600 baudios • Tiempo de inicio: 35s en promedio. [10]
Geo localizador portátil con Raspberri pi 3 y procesamiento de datos en QGIS.	José Manuel Clavijo Rujel.	<ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta: Raspberri PI 3 • Voltaje de operación: 3.3V - 5V, hasta 67mA. • Velocidad de puerto serial por defecto: 115200 baudios • Tiempo de inicio en frío de aproximadamente 38 segundos con buena señal [11]
Diseño e implementación de un vehículo autónomo con navegación basada en un sensor tipo LIDAR.	José Efrén Barbosa Costales.	<ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta: Raspberri PI 3. • Voltaje de alimentación (2.7-3.6V). • Velocidad de comunicación: 9600 baudios • Tiempo de inicio: 27s en promedio.[8]
A Backpack-Mounted Omnidirectional Camera with Off-the-Shelf Navigation Sensors for Mobile Terrestrial Mapping: Development and Forest Application.	Mariana Batista Campos	<ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta: Arduino Uno. • Velocidad de comunicación: 9600 baudios • Tiempo de inicio: 30s en promedio.[9]
Implementación de un sistema de rastreo y encendido automático vehicular, mediante reconocimiento facial.	Luis Miguel Carmilema Simbaña	<ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta: Raspberri Pi 3 • Voltaje de alimentación (3.3-5V). • Velocidad de comunicación: 9600 baudios • Tiempo de inicio: 38s en promedio.[12]

Tabla. 2) Datos comparados, de precisión y velocidad del sensor GPS NEO 6 en diferentes proyectos.

Tomando en cuenta los datos del fabricante con los proyectos comparados, se puede observar que difieren con el tiempo de inicio, ya que es mayor a lo estipulado por el fabricante, el fabricante estipula que inicia en 25 segundos, mientras que con el uso de Arduino de “Yesid Fabian Briseño Murillo” tarda 35 segundos en promedio, “José Manuel Clavijo Rujel” que uso Raspberri PI3 tardo 38 segundos, “José Efrén Barbosa Costales” que uso Raspberri PI3 y aparte calibrando el sensor antes de su uso obtuvo un tiempo de 27 segundos, más cercano a lo que el fabricante estipula en su hoja de datos.

Conclusiones

En conclusión, debido a su accesibilidad en el mercado y su compatibilidad con microcontroladores, la mayoría de los proyectos analizados utilizaron la familia del sensor GPS Neo 6. Este sensor cuenta con dos modos de arranque: el arranque en frío que toma alrededor de 45 segundos para conectarse a los satélites, y en caliente, que toma entre 1-5 segundos después de una breve desconexión.

Se menciona un caso particular en el que el error se redujo mediante una calibración externa utilizando el programa del fabricante U-center y el error se redujo a 5 metros en lugares cerrados y a 1.5 metros en lugares abiertos.

El trabajo realizado proporciona una comparación de datos entre el sensor GPS NEO-6 y otros proyectos que utilizan microcontroladores populares. Se observa que los tiempos de inicio pueden variar respecto a las especificaciones del fabricante, y se destaca la importancia de la calibración para reducir los errores del sensor.

Referencias

- [1] O. B. Kharisma *et al.*, “Development of location tracking system via short message service (SMS) based on GPS unblox neo-6m and sim 8001 module,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1363, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1363/1/012002.
- [2] S. D. E. P. Global, I. Luis, and G. Santillán, “UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO Trabajo de Titulación para optar al título de : Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones Autor : Veloz Vallejo , Cristian Andrés Tutor : Riobamba , Ecuador,” 2022.
- [3] N. T. Morallo, “Vehicle tracker system design based on GSM and GPS interface using arduino as platform,” vol. 23, no. 1, pp. 258–264, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v23.i1.pp258-264.
- [4] H. Alshamsi, V. Kėpuska, and H. Alshamsi, “Real Time Vehicle Tracking Using Arduino Mega,” vol. 5, no. 12, 2016.
- [5] C. Campus, A. Kumar, A. Negi, and S. Mudali, “ScienceDirect ScienceDirect and Cooling Vehicle Fuzzy Based Controller for Symposium Lidar Sensor of an Autonomous Ankit Kumar the Assessing feasibility of b using the heat temperature function for a,” pp. 1–5, 2017.
- [6] H. Sancho Chilet, “Desarrollo De Un Sistema De Localización Y Aplicación Móvil Para Vehículos En Aparcamientos,” p. 106, 2016, [Online]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/88241/73655831_TFG_15046301276554283957125751135335.pdf?sequence=2
- [7] U-blox, “NEO-6 u-blox 6 GPS Modules,” *Www.U-Blox.Com*, p. 25, 2017, [Online]. Available: [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf)
- [8] José Efrén Barbosa Costales and C. S. H. Mosquera, “Diseño e implementación de un vehículo autónomo con navegación basada en un sensor tipo LIDAR,” 2020.
- [9] F. Application, “A Backpack-Mounted Omnidirectional Camera with Off-the-Shelf Navigation Sensors for Mobile Terrestrial Mapping : Development and,” pp. 1–18, 2018, doi: 10.3390/s18030827.
- [10] U. M. D. E. C. D. E. Los, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title”.
- [11] “universidad nacional de piura”.
- [12] M. Reconocimiento, “Escuela politécnica nacional,” 2019.

Herramientas de Logística Esbelta en una Empresa del Sector Eléctrico

Oscar Marrón Banderas¹, Mauricio Iñiguez Pimentel², Elsie Noemí Olvera Pérez³, José Luis Díaz González⁴, Claudia Castillo Cruz⁵

Resumen: El buen funcionamiento de las diversas industrias en México se debe en gran parte al sector eléctrico (KPMG, 2021). La logística esbelta elimina o reduce todo aquello de un producto que no genere valor para una empresa de producción y/o servicio. Para darle cumplimiento a los objetivos de las herramientas de la Logística Esbelta se deben aplicar (IMF, s.f.): los sistemas de identificación de desperdicios (mudas), heijunka, value stream mapping (VSM), takt time y sistema Kanban. Los desperdicios (reprocesos y espera) se aminorarán con la implementación de la herramienta poka yoke de un prototipo de molde el cual funcionará como referencia para el operador encargado de realizar la actividad de perforado. Con el reproceso realizado por la empresa el tiempo total utilizado para producir una unidad sin el dispositivo poka yoke se traduce en 21.55 minutos por pieza. El dispositivo (molde o troquel) para el proceso disminuirá el tiempo de producción a 11.31 minutos lo que representa una reducción del 43%. La producción anual previa al dispositivo son 13,550 puntas dipolo después del dispositivo será 19,377 piezas, teniendo un aumento de 5,827 piezas, eliminando el desperdicio (reproceso).

Palabras clave: Logística esbelta, poka yoke, takt time, desperdicios, sector eléctrico.

Introducción

En la actualidad, todas las organizaciones tanto del sector manufacturero como de servicios que se encuentran instaladas en nuestro país dependen en gran parte al sector eléctrico. El instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) menciona que, en el año 2020 en el país, el producto interno bruto (PIB) de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica fue de 512, 540 millones de pesos, de acuerdo a KPMG (2021).

El objetivo de la logística esbelta es incrementar la eficiencia en todos los procesos que genere, elimina desperdicios, reduce costos, las empresas entregan sus pedidos con más rapidez y fiabilidad al cliente lo que permite incrementar la satisfacción de los mismos.

Los objetivos que indaga la logística esbelta son (Grupo Caliche, 2021; IMF, s.f.):

1. Asignar el material necesario, en el momento necesario en la cantidad adecuada y convenientemente en toda la cadena de suministro.
2. Indagar la efectividad en la distribución de productos tomando en cuenta toda de la cadena de suministro.
3. Eliminar los despilfarros en cada etapa de la cadena para mejorar la efectividad de las operaciones.
4. Reducir los plazos de entrega en cada etapa de la cadena de suministro.

La problemática se suscita en el proceso de producción de los pararrayos. El sistema de pararrayos KDA-LU es un sistema de protección contra tormentas eléctricas (SPTE), sirve para interceptar, conducir y disipar la corriente del rayo y de elementos internos mediante uniones, blindaje y puesta a tierra. El objetivo de un SPTE es reducir el riesgo de daño tanto para las personas y otros seres vivos, así como estructuras, edificios y su contenido.

¹ Oscar Marron Banderas, Ingeniero Industrial, Egresado de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. watersmarron@gmail.com

²Mauricio Iñiguez Pimentel, Ingeniero Industrial, Egresado de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. mauriguez98@gmail.com

³Elsie Noemí Olvera Pérez, Doctorado en Ingeniería Industrial. Docente de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. noemi.olvera@academicos.udg.mx (Autor corresponsal)

⁴José Luis Díaz González, MASL. Docente de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. josel.diazg@academicos.udg.mx

⁵Claudia Castillo Cruz, MDEC. Docente de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. claudia.cruz@academicos.udg.mx

La ilustración 1 muestra el sistema de pararrayos KDA-LU.



Ilustración 1 Sistema de pararrayos KDA-LU. Fuente: <https://www.totalground.com/kdaluh.html>.

En el último proceso de fabricación del sistema de pararrayos que fabrica esta empresa, tenemos la parte superior de las puntas dipolo, la cual de igual manera se encuentra ensamblada por tres piezas, una punta de $\frac{3}{8}$, tubo de $\frac{3}{8}$ y un círculo.

La punta del producto comienza cortando los tubos de acero a $\frac{3}{8}$ a 7", después se realiza la punta a 10° , el barrenado y roscado. La siguiente pieza, realiza un corte de $\frac{3}{8}$ a 400 mm, y también se barrena y rosca. Y por último, se corta una solera de acero de 4 x 4, se perfora de $\frac{13}{64}$ y se rosca, en la cual se ensamblarán las piezas anteriores, y para concluir, se realizan 6 perforaciones de $\frac{3}{4}$ con 30° (durante la inspección de esta pieza en ocasiones sucede que las 6 perforaciones no quedan con las medidas adecuadas por lo que se puede hacer un retrabajo o la pieza simplemente se desperdicia por el hecho de que no se puede corregir el tamaño de algunas perforaciones), de dificultad alrededor del círculo. Esto se puede observar en la ilustración 2.



Ilustración 2 Proceso de la parte superior puntas dipolo, Total Ground.

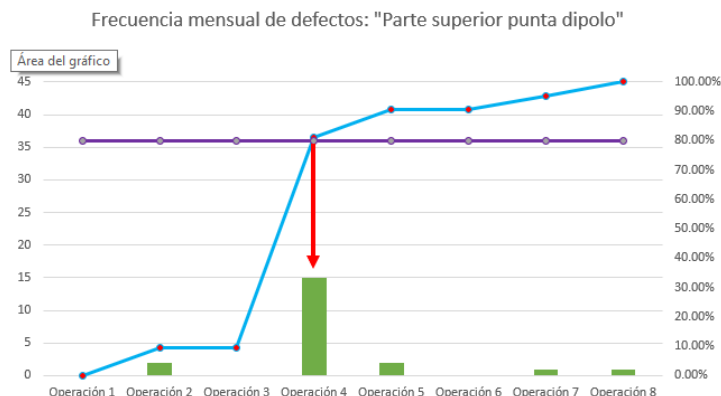
En el área de tornos y corte (perforación), al momento de realizar las 6 perforaciones de 3/4 con 30° (placa círculo central), es la actividad más tardada, debido a que se tiene que hacer las medidas de las distancias en las que deben ir las perforaciones de forma manual, y por consiguiente, es complicado que dichas medidas coincidan, como consecuencia existen diferencias al momento de barrenar, lo que deriva en piezas defectuosas e inservibles, y se tiene que volver a conseguir otra lámina y realizar el corte circular y barrenado de los 6 orificios, generando pérdidas monetarias y de tiempo.

La tabla 1, muestra todas las operaciones involucradas en la elaboración de la parte superior de las puntas dipolo, además, de la frecuencia con la que suceden errores, el porcentaje acumulado indica el 80-20 que da la pauta para dar seguimiento de todas las operaciones en las que se tendrá que mejorar o proponer un cambio.

Operaciones	Frecuencia	% Acumulado	Frecuencia Acumulada	%
1	0	0.00	0	0
2	2	9.52	2	10
3	0	9.52	2	0
4	15	80.95	17	71
5	2	90.48	19	10
6	0	90.48	19	0
7	1	95.24	20	5
8	1	100.00	21	5
TOTAL	21			100

Tabla 1 Frecuencia de fallos en el proceso de elaboración.

En la gráfica 1, se observa que a partir de donde se hace la intersección de la línea en color morado, todas las operaciones del lado izquierdo son las que tienen que tomar una medida de solución, la operación número 4, del proceso de la parte superior de la punta dipolo, es la que presenta más frecuencia de errores, con un aproximado de 15 piezas defectuosas a la semana.



Gráfica 1 Frecuencia de defectos.

Metodología

La metodología mixta es un diseño de investigación en la cual los investigadores recolectan, analizan y combinan datos cuantitativos y cualitativos en un único estudio o en un programa de investigación multifase (Leech y Onwuegbuzie, 2007).

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación cuantitativa considera que el conocimiento debe ser objetivo, y que este se genera a partir de un proceso deductivo en el que, a través de la medicación numérica y el análisis estadístico inferencial, se prueban hipótesis previamente formuladas.

Mientras que Taylor y Bogdan (1987), definen a la metodología cualitativa en su más amplio sentido a la investigación que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable.

En este proyecto se aplicará trabajo de campo, combinando investigación descriptiva, teniendo en cuenta que desde el punto de vista de Narváez (2009), “describir es medir”, es importante evaluar y exponer de forma detallada las características de la organización que es objeto de estudio de este trabajo.

Implementación

Para darle cumplimiento a los objetivos las herramientas del Lean Logistics que se deben aplicar son (IMF, s.f.): los sistemas de identificación de desperdicios (mudas), heijunka, value stream mapping (VSM), takt time y sistema Kanban.

Para fines de este proyecto se utilizarán las siguientes:

Desperdicios: actividad en un proceso que consume recursos no agregando valor al producto o servicio. Existen siete maneras de presentarse el desperdicio (sobreproducción, inventarios, sobre proceso, esperas, reprocesos, transporte y movimientos).

Takt time: ritmo que el cliente demanda, a través del tiempo requerido para finalizar una actividad del proceso productivo (Martínez y Colorado, s.f.).

Los desperdicios (reprocesos y espera) se disminuirán con la implementación de la herramienta poka yoke de un prototipo de molde el cual funcionará como referencia para el operador encargado de realizar la actividad de perforado.

Durante la operación de barrenado, el operador deberá abrir el molde, para después colocar la pieza que será procesada, se cierra el molde y se procede al barrenado, reduciendo así las piezas defectuosas en este proceso, traduciéndose en un ahorro de tiempo en la fabricación de la parte superior de las puntas dipolo, así como un ahorro económico debido a que no será necesario realizar algún reproceso en la pieza ni utilizar material extra para fabricar una nueva, ver ilustración 3.

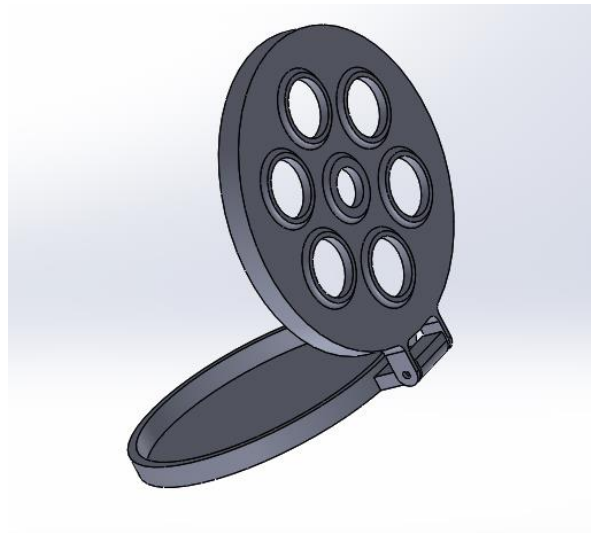


Ilustración 3 Propuesta de molde del círculo de la parte superior.

Con el reproceso realizado por la empresa el tiempo total utilizado para producir una unidad sin el dispositivo poka yoke se traduce en 21.55 minutos. **El takt time deseable se calcula de la forma siguiente:**

Demanda mensual = 1,100 y 1,000 unidades

Horario de trabajo = 9 a 19 hrs

Horario de alimentos = 14 – 15 hrs

Días de trabajo = 22 días
Demanda mensual promedio = 1,050 unidades

Cálculo del tiempo disponible del periodo

$$10 \text{ hrs} \times 22 \text{ días} \times 60 \text{ minutos} = 13,200 \text{ minutos totales}$$

Para determinar el tiempo real del que se dispone para llevar a cabo la producción, se calcula el **tiempo no disponible** que utilizan los operarios para la toma de alimentos durante el periodo en el que realiza el proceso.

Cálculo del tiempo disponible para alimentos de los operarios

$$1 \text{ hr para alimentos} \times 22 \text{ días} \times 60 \text{ minutos} = 1,320 \text{ minutos}$$

Una vez calculado el tiempo disponible del periodo se le resta el tiempo que utilizan los operarios para la toma de sus alimentos (una hora por día), que se determina de acuerdo con lo siguiente:

$$\frac{13,200 \text{ minutos totales} - 1,320 \text{ minutos para alimentos}}{11,880 \text{ minutos disponibles para el proceso}}$$

Generalmente el takt time se mide en segundos, los minutos disponibles para el proceso se convierten a esta unidad:

Conversión

$$11,880 \text{ minutos disponibles} \times 60 \text{ segundos} = 712,800 \text{ segundos}$$

Una vez realizada la conversión a la unidad de segundos, se realiza el cálculo del takt time, con la siguiente fórmula:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

$$\text{Takt time} = \frac{712,800 \text{ segundos}}{1,050 \text{ unidades}}$$

$$\text{Takt time} = 678.85 \text{ segundos/unidad}$$

Para un mejor entendimiento del tiempo en el que se debe producir una unidad los segundos se convierten a minutos:

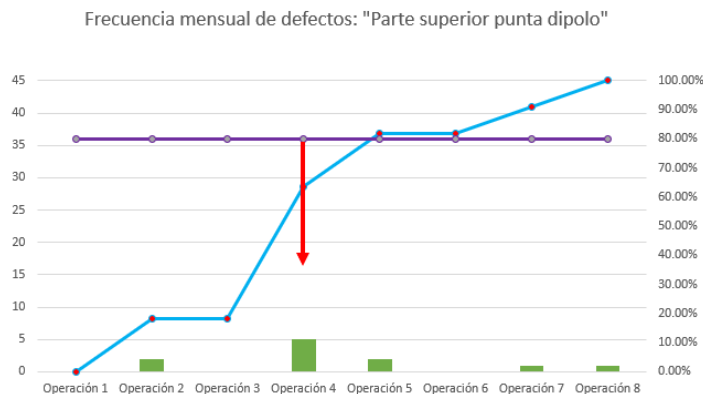
$$\text{Takt time} = \frac{678.85 \text{ segundos}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Takt time} = 11.31 \text{ minutos por unidad}$$

Análisis

La implementación del dispositivo poka yoke minimiza la cantidad de piezas mensuales con fallos, siendo de 15 a 5 piezas, lo que representa el 67%, ver gráfica 2.

El dispositivo Poka Yoke para el proceso disminuirá el tiempo de producción a 11.31 minutos lo que representa una reducción del 43%. La producción anual previa al dispositivo son 13,550 puntas dipolo después del dispositivo será 19,377 piezas, se tiene un aumento de 5,827 piezas.



Gráfica 2 Frecuencia mensual de errores de la “Parte superior punta dipolo”, después de Poka Yoke.

Conclusiones

La logística esbelta administra los procesos logísticos que buscan eliminar todos los elementos que no aportan valor ni al proceso ni al producto, y que estos agregan un costo económico al producto. Algunos beneficios que aporta son: elimina los cuellos de botella, previene los errores que implican devoluciones, genera ahorros económicos y por ende aumenta la satisfacción del cliente. Se concluye que con este proyecto se logra poner en práctica los beneficios de la logística esbelta, lo que permite que se reduzcan los errores en el proceso de barrenado en la parte superior de las puntas dipolo, durante el proceso del 60%, inicialmente se tenían 15 errores de manera mensual, lo cual generaba pérdidas tanto económicas como de tiempos. Se disminuye el tiempo de producción a 11.31 minutos de 21.55, lo que representa una reducción del 43%, todo esto genera satisfacción al cliente al entregarle su pedido en tiempo y forma.

Referencias

1. Grupo Caliche. (2021). ¿Qué es la logística esbelta? Consultado en: <https://caliche.es/logistica-esbelta/caliche.es/>
2. Hernández, Fernández y Baptista. (2014). Metodología de la investigación. Sexta Edición.
3. IMF. (s.f.). Las claves del éxito del Lean Logistics. Consultado en: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/corporativo/prl/las-claves-del-exito-del-lean-logistics/>
4. KPMG. (2021). Sector eléctrico. Consultado en: <https://kpmg.com/mx/es/home/campaigns/2021/10/sector-electrico.html>
5. Leech, N., & Onwuegbuzie, A. (2007). An Array of Qualitative Analysis Tools: A Call for Data Analysis Triangulation. *School Psychology Quarterly*, 22, 557-584.
6. Martínez, M., Colorado, J. (s.f.). Takt Time, el corazón de la producción. <https://doi.org/10.23850/2422068X.390>
7. Narváez, V. P. (2009). Metodología de la investigación científica y bioestadística. Santiago de Chile: RIL Editores.
8. Socconini, L. (2019). Lean Manufacturing: El sistema de gestión empresarial japonés que revolucionó la manufactura y los servicios. Ed. Alfaomega. Colombia.
9. Taylor, S. Bogdan, J. (1987). Introduction to Qualitative Research Methods. The Search for Meanings. Ed. Paidós. New York.

Determinación de Propiedades Mecánicas de Flexión en Flechas de Arquería de Fibra de Carbono

Esteban Martínez de Alva Juárez¹, Cristian Miguel Rojas Ramírez²,
Roberto Ugarte Saucedo³, MEd. Miguel Ángel Ávila Puc⁴, Dr. Benjamín González Vizcarra⁵

Resumen—Realizar la prueba de flexión en tres puntos en seguimiento de la norma ASTM D790 en tres distintos tipos de flecha de fibra de carbono. Las tres flechas fueron seleccionadas y categorizadas según sus características, teniendo una hecha de pura fibra de carbono y dos con alma interna de aluminio, para determinar por medio de una comparación cual tiene la mejores propiedades mecánicas que permitan un uso práctico más óptimo. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando las técnicas para la caracterización de materiales compuestos. Obteniendo una gráfica comparativa en la que se muestra el comportamiento de cada una de las tres flechas al ser sometidas a flexión así como dos tablas con su fuerza máxima resistida y módulo elástico. Concluyendo que tener un alma de aluminio y menos capas de fibra de carbono proporciona una mayor resistencia a la deformación por flexión.

Palabras clave—Flexión, flechas, alma, fibra de carbono, caracterización

Introducción

El ensayo de flexión en tres puntos es un método ampliamente utilizado para evaluar las propiedades mecánicas de las vigas o probetas, proporcionando información crucial sobre el comportamiento del material en condiciones de carga de flexión. Al aplicar una carga en el centro de la viga o probeta, mientras se apoya en los dos extremos, se genera una flexión que somete al material a tensiones y deformaciones significativas. Este ensayo permite determinar el módulo de elasticidad, que es una medida de la rigidez del material y su capacidad para resistir deformaciones elásticas bajo carga. Además, proporciona información sobre la deformación en flexión, es decir, cómo se deforma la muestra en respuesta a la aplicación de carga. Esto es fundamental para comprender cómo el material responde a dichas cargas y cómo puede afectar su funcionalidad y rendimiento en aplicaciones prácticas.

La resistencia máxima a la flexión es otro resultado clave de este ensayo, que indica la carga máxima que el material puede soportar antes de sufrir una fractura o rotura. Este valor es crucial en el diseño y la selección de materiales para aplicaciones donde se requiere una alta resistencia a la flexión, como en el caso de flechas de tiro con arco. La comparación de las propiedades mecánicas de diferentes tipos de flechas, ya sea con alma con fibra de carbono o construidas de pura fibra de carbono (sin alma), esta información es valiosa para determinar cuál de ellas es la más adecuada para cumplir con los requisitos de rendimiento y resistencia específicos.

¹Esteban Martínez de Alva Juárez estudiante de ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. a1271319@uabc.edu.mx

²Cristian Miguel Rojas Ramírez estudiante de ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. rojas.cristian@uabc.edu.mx

³Roberto Ugarte Saucedo estudiante de ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. rugarte@uabc.edu.mx (Autor corresponsal)

⁴El MEd. Miguel Ángel Ávila Puc es un Técnico Académico de tiempo completo y Colaborador del CA de Optimización de Sistemas Mecánicos en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. avilam75@uabc.edu.mx

⁵El Dr. Benjamín González Vizcarra es profesor de tiempo completo y Líder del CA de Optimización de Sistemas Mecánicos en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. bgonzalez79@uabc.edu.mx

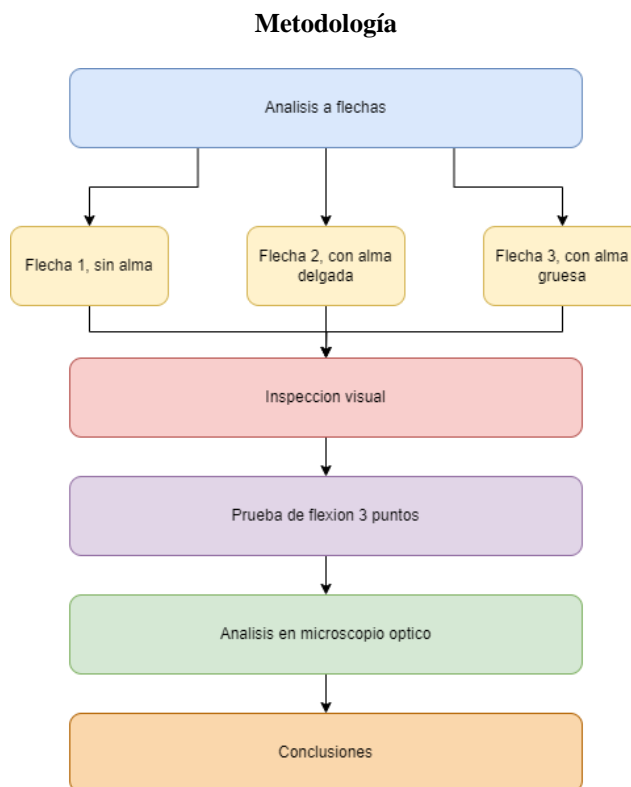


Figura 1. Diagrama de realización de la caracterización

En la Figura 1 podemos observar el procedimiento que se llevó a cabo para la realización del análisis de este artículo, el cual como se expresó anteriormente busca comparar las distintas flechas.

Primero según su obtención se clasifican en con alma, ya sea gruesa o delgada, y sin alma.

Seguido se realiza una inspección visual con ayuda de un fondo que haga contraste.

Después se hace la prueba de flexión a 3 puntos con los parámetros calculados con las fórmulas proporcionadas en la norma ASTM D790, que da .

Este largo se le debe agregar unos milímetros más en cada lado, este debe de ser de al menos 10% más del largo del soporte, como en este caso como $L=80$ mm, se debe de agregar mínimo 8 mm en cada lado, en este caso se decidió que se haría la muestra de 100 mm, efectivamente agregando 10 mm de cada lado cubriendo este punto.

Utilizando la fórmula para velocidad de avance para los tres diámetros de las flechas se obtuvo que en promedio la tasa de movimiento será de 2 mm/min, haciendo nuestro ensayo (que tiene su tope de distancia en 10 mm) un ensayo de 5 minutos por probeta.

Por último se colocan en un microscopio óptico para ver a mayor detalle la sección transversal de las flechas

Una vez terminados estos puntos se realiza un análisis de resultados y conclusiones

Se debe preparar la máquina de ensayos universal para la prueba de flexión de tres puntos, colocando su base y la celda de carga.

Una vez instalado el arreglo para las pruebas se coloca la muestra de manera que quede centrada en la base y con la celda de carga justo en el centro de la muestra.



Figura 2. Muestra ya colocada en máquina de ensayos

Se debe introducir el tipo de ensayo que se quiere realizar en la máquina de ensayos universal, pues al poder realizar distintos procedimientos debemos definir el qué queremos y los resultados que necesitamos obtener, esto se hace desde una computadora que viene incluida con el equipo en la cual debemos introducir el tipo de ensayo, para este caso flexión de tres puntos: dimensiones de la muestra, desde el diámetro hasta la distancia entre los puntos sobre los cuales se apoya en la fixtura de la máquina; el desplazamiento máximo; la velocidad de avance del ensayo, y los datos que esperamos obtener del ensayo.

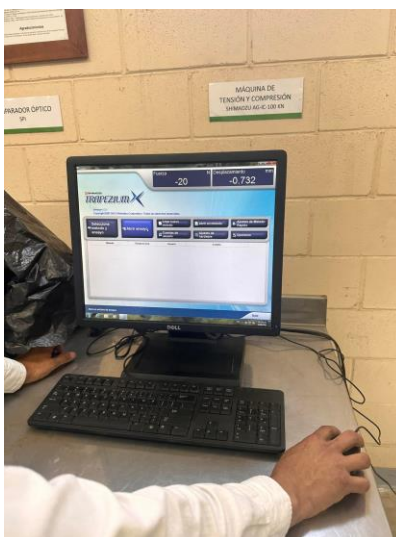


Figura 3. Ingresando instrucciones a la máquina de ensayos

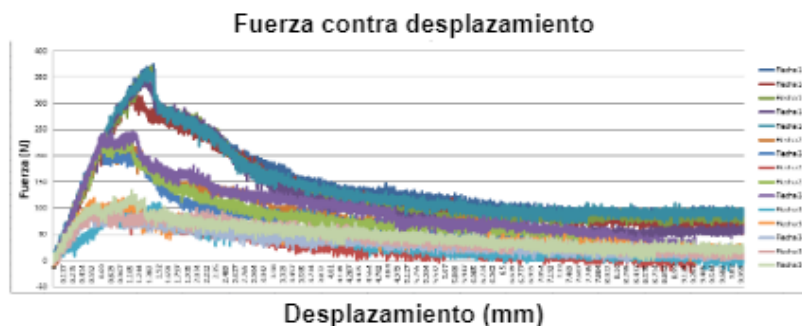
Una vez terminada la prueba de flexión procedemos a una última inspección visual ahora con apoyo de un microscopio que de igual manera se encuentra en las instalaciones de la FCITEC. Con esto pudimos observar con mejor detalle lo que apenas podíamos distinguir durante la primera inspección visual.

Por último procedemos a deliberar entre los integrantes las conclusiones a las que podemos arribar con los datos obtenidos.

Resultados

Fuerza contra desplazamiento

Utilizando los datos brutos obtenidos, se realiza una gráfica comparativa en la que se muestra el comportamiento de cada una de las tres flechas al ser sometidas a flexión.



Gráfica 1. Comparación de las tres diferentes flechas y su resistencia a la flexión

Fuerza máxima a flexión

En la tabla 1 se obtuvieron los valores de fuerza máxima a flexión alcanzadas por cada una de las tres flechas.

Fuerza máxima (N)			
No. Muestra	Flecha 1	Flecha 2	Flecha 3
1	375	234.38	109.38
2	328.13	228.13	118.75
3	368.75	112.5	96.88
4	350	243.75	100
5	365.63	246.88	134.38
Σ	1787.5	1065.63	559.38
Promedio	357.5	238.28	111.88

Cuadro 1. Resultados fuerza máxima a flexión en cada una de las flechas

Módulo elástico a flexión.

Ahora bien una vez mostrados los valores de fuerza obtenidos respecto al desplazamiento queda mostrar los resultados de módulo elástico obtenidos por máquina de las cinco probetas de cada una de cada una de las tres flechas, obteniendo así el siguiente concentrado de valores mostrados en la tabla (2).

Módulo elástico (GPa)			
Numero	Flecha 1	Flecha 2	Flecha 3
1	34.45	48.8	38.53
2	46.29	42.51	61.47
3	37.44	27.48	104.95
4	34.34	100.44	34.42
5	18.79	502.7	43.03
Promedio	34.26	173.61	56.48

Cuadro 2. Valores de módulo elástico a flexión de las tres flechas.

inspección visual

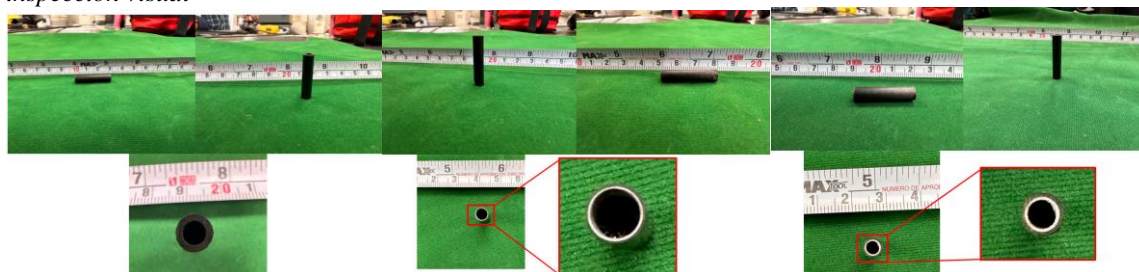


Figura 4. Inspección visual de flechas 1,2 y 3 de izquierda a derecha

Metalografía

Como podemos observar se puede notar perfectamente las diferencias entre la estructura de las tres flechas, se aprecia incluso como la flecha #2 y #3 en la que ambas tienen alma, como su grosor de alma es diferente en, incluso en la cantidad de capas de fibra de carbono que poseen estas.

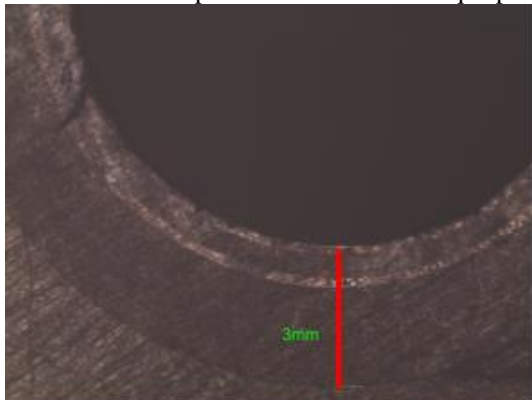


Figura 5. Flecha #1 con aumento de $\times 0.25$

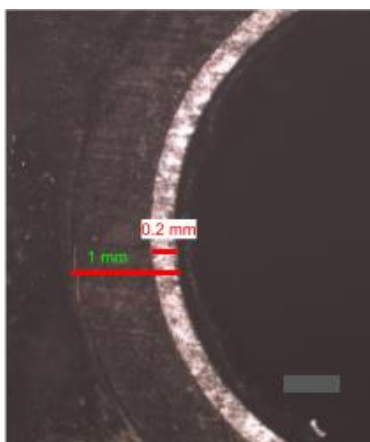


Figura 6. Flecha #2 con aumento de $\times 0.25$

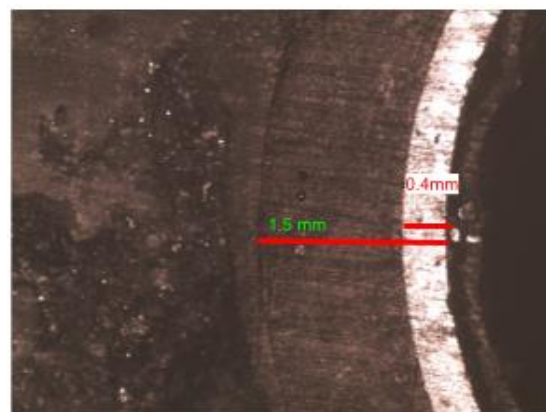


Figura 7. Flecha #3 con aumento al $\times 0.25$

De los datos y analizando el gráfico obtenido podemos concluir que se obtuvo diferente comportamiento de las cinco probetas de las tres flechas, obteniendo el máximo valor de fuerza resistida por cada probeta en el mismo gráfico. La fuerza máxima resistida en los ensayos de la flecha #1 fue de 375N por la probeta 1 y la mínima de 328.125N por la probeta 2, realizando un promedio se obtiene que en general la flecha #1 resiste 357.5N a flexión en tres puntos.

A partir de la tabla 1 podemos observar que la fuerza máxima obtenida por cualquiera de las cinco probetas de la flecha #2 fue la probeta #5 obteniendo un valor de 246.875N y descartando la probeta #3 la probeta #2 tuvo la fuerza máxima menor teniendo un valor de 228.125N. Obteniendo el promedio general de las cuatro probetas consideradas obtenemos una fuerza máxima general de 238.28N para la flecha #2.

Volviendo a realizar el mismo ensayo que se le hicieron a las dos últimas flechas, estos son los gráficos y resultado obtenidos de la flecha #3.

Tomando de referencia la tabla el mayor valor de fuerza máxima fue obtenida por la probeta #5 con 134.375N, consecuentemente el valor menor de fuerza máxima obtenido fue el de la probeta #3 con un valor de 96.875N. Obteniendo el promedio de fuerza máxima obtenemos que la fuerza máxima promedio de la flecha #3 es de 111.875N.

Analizando el concentrado que se muestra en la tabla 2 en la flecha #1 el módulo elástico promedio es de 34.26 GPa, en la flecha #2 es de 173.61 GPa y en la flecha #3 es de 56.48 GPa. Observando que la que más resistencia a la flexión tiene antes de deformarse permanentemente es la flecha #2.

Ahora observando en el microscopio las flechas se pueden apreciar las capas de fibra de carbono así como el grosor de su alma correspondiente, en el caso que la tenga.

Conclusiones

Gracias a los resultados obtenidos, sabemos que la flecha 1 es la que más resistencia tiene y que la flecha 2 es la más flexible, sabiendo esto y con experiencia personal se puede mencionar que la flecha 1 es principalmente para arqueros principiantes para practicar y pulir la técnica de tiro, ya que a veces al fallar en el objetivo la flecha puede golpear alguna superficie y quebrarse, estas resisten más que las otras dos flechas por lo tanto son ideales para practicar, por otro lado la flecha 2 que es más flexible es ideal para competencias de alto rendimiento, estas requieren de una técnica más perfeccionada y con una buena ejecución tienen muy buena precisión garantizando repetitividad en el objetivo que es lo que se busca en tiro con arco, repetitividad para obtener la mayor cantidad de puntos.

Referencias

- [1] "Propiedades mecánicas de los materiales," Wikipedia.org, Mar. 31, 2022. https://es.wikipedia.org/wiki/Propiedades_mec%C3%A1nicas_de_los_materiales
- [2] Universidad de La Punta, "Propiedades Mecánicas | Educación Tecnológica," contenidosdigitales.ulp.edu.ar. http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades_mecnicas.html
- [3] "Flecha," Wikipedia, Mar. 22, 2023. <https://es.wikipedia.org/wiki/Flecha>
- [4] "Fibra de carbono," Wikipedia, Jan. 24, 2023. https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_carbono
- [5] A. Martínez Megía, "Evolución histórica de los materiales y procesos de construcción en embarcaciones de vela," core.ac.uk, 2012, Accessed: May 29, 2023. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/reader/60424940>
- [6] Universitat Jaume I, "Resistencia mecánica," Mecapedia.uji.es, 2023. http://www.mecapedia.uji.es/pages/resistencia_mecanica.html#:~:text=La%20resistencia%20mec%C3%A1nica%20es%20la
- [7] "Flexión mecánica," Wikipedia.org, Apr. 20, 2006. https://es.wikipedia.org/wiki/Flexi%C3%B3n_mec%C3%A1nica
- [8] ASTM D790-17, "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials", ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2017.
- [9] Performance of Arrows Equipped with Hunting Broadheads. *Procedia Engineering*, 34(0), 455-460. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.078>.
- [10] Elliot, Murray. 2002. Reference Guide for Recurve Archers (4th ed.).
- [11] Leach, Mark (Producer). 2014. Archery, Arrows and Arrow Flight: meta-synthesis.com. Retrieved from <http://www.meta-synthesis.com/archery/archery.html>
- [12] Leach, Mark. 2104. Archery, Arrows and Arrow Flight: Recurve Bow Tuning. Retrieved 14 September, 2014, from <http://www.meta-synthesis.com/archery/archery.html>
- [13] Bergman, C., McEwen, E. E., & Miller, R. J. (1988). Experimental archery: projectile velocities and comparison of bow performances. *Antiquity*, 62(237), 658-670. <https://doi.org/10.1017/s0003598x00075050>
- [14] Hattila. (s. f.). PrestaBlog. <https://www.hattila.com/es/blog/los-diferentes-tipos-de-flechas-para-el-tiro-con-arco-n27>
- [15] Miyazaki, T., Mukaiyama, K., Komori, Y., Okawa, K., Taguchi, S., & Sugiura, H. (2013). Aerodynamic properties of an archery arrow. *Sports Engineering*, 16(1), 43-54. <https://doi.org/10.1007/s12283-012-0102-y>
- [16] Park, J. H. (2011). The Behaviour of An Arrow Shot from a Compound Archery Bow. *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part P: Journal Of Sports Engineering And Technology*, 225(1), 8-21. <https://doi.org/10.1177/17543371jset82>

Agradecimientos

Se agradece al CA de "Optimización de sistemas mecánicos" con apoyo de los proyectos de la Convocatoria Interna de Proyectos sin financiamiento 351/2845 Diseño y manufactura de un sistema vending de la Universidad Autónoma de Baja California, Dr. Benjamín González Vizcarra, M en C Ana María Castañeda, Dr Alberto Delgado Hernández, M.C. José Navarro Torres y M en E, M. en E. Miguel Ángel Ávila Puc.

Apéndice

Las siguientes preguntas fundamentan nuestra investigación:

1. ¿Cuál es la mejor flecha para arquería?
2. ¿Cómo afectará a sus propiedades mecánicas tener alma de aluminio?
3. ¿Cuál será su fuerza máxima resistida por las tres flechas?
4. ¿Cuál es el módulo de elasticidad de las tres flechas?
5. ¿Qué propiedades estamos buscando en las flechas?

Optimización y Diseño del Proceso de Transformación del Sargazo para Polímeros

Dra. Diana Morales Piña¹, M.T.I. Benjamín Hernández García²,
M.I.I Norma Angelica Chapa López³, Ing. Raúl Lozada Picazo⁴

Resumen— La generación y acumulación de materia biótica nociva en diversos puntos geográficos es un fenómeno cada vez más recurrente en los últimos años, este tipo de restos orgánicos, específicamente los marinos como el sargazo, representan una problemática de diversos indoles ya que no solo representa un problema de sanidad sino también obstaculiza las condiciones para actividades turísticas. Al existir procesos que toman como materia prima esta alga se contribuye a que esta acumulación se vea disminuida y que el material sea aprovechado y no solo dispuesto, la optimización de dichos procesos implica la reducción de actividades, utilización de recursos y obtención de beneficios a través de la manufactura de materiales de consumo.

Palabras clave—sargazo, polímero, agua destilada, ambiental.

Introducción

Actualmente las playas del caribe mexicano se están viendo afectadas por la llegada de grandes cantidades de alga sargazo, las cuales son consideradas una gran amenaza para la economía del país (Araiza, 2019).

A partir de 2011 y sin previo aviso se detectaron en el mar Caribe agregaciones significativas y atípicas de sargazo pelágico o flotante de las especies *Sargassum natans* y *S. fluitans*. Ahora sabemos que esta gran biomasa de sargazo sigue una corriente marina que circula por latitudes tropicales desde las costas del Atlántico oriental, frente a África occidental y la desembocadura del río Congo, para llegar al mar Caribe y el golfo de México después de haber pasado por las costas del noreste de Brasil, frente a la desembocadura del río Amazonas y girar finalmente rumbo al norte (Muños, 2019).

El aprovechamiento de los recursos, para cualquier proceso, es una máxima que se ve reflejada en la obtención de mayores beneficios, cualesquiera que estos sean, para los involucrados en dichas actividades, en empresas de los sectores privados y públicos e inclusive la sociedad.

Este proyecto, aunque tiene un enfoque definido, ejecutado de la mejor manera tendrá beneficios en otros aspectos como son la generación de condiciones para que el turismo no se vea afectado en las zonas costeras en las que esta alga representa un problema para este sector económico. Otro derrotero es el impulso a la actividad económica local mediante la recolección y distribución de la materia prima y al mismo tiempo la contribución a la reducción del impacto ambiental en las zonas costeras.

Metodología

Contemplemos que la caracterización del sargazo es una macroalga flotante que forma colonias que llegan a cubrir grandes extensiones y que se mueven de acuerdo con las corrientes oceánicas. Flotan en masa en el mar, se desplazan

¹ Morales Piña Diana Profesora de Ingeniería Tecnologías de Información y Comunicaciones TECNM, unidad oriente, Edo, de México. diana.mp@tlalnepantla.tecnm.mx

² El M.T.I. Benjamín Hernández García es Profesor de Ingeniería Tecnologías de Información y Telecomunicaciones en el TECNM unidad centro, Edo, de México. beheg2012@gmail.com

³ La M.I.I Norma Angelica Chapa López Académico Jefa del departamento Ingeniería Industrial del TECNM Gustavo A. Madero II, Ciudad de México. norma.ci@gamadero2.tecnm.mx

⁴ El Ing. Raúl Lozada Picazo es del TECNM Jefe de Laboratorio, Gustavo A. Madero II, Ciudad de México jose.lp@gamadero2.tecnm.mx

en aguas someras y acaban en las playas causando un grave problema ambiental aparte de otros factores que fracturan prácticamente también la economía.

Lo que se pretende realizar en esta investigación es reducir el impacto negativo que generan esas grandes cantidades de SARGAZO y contribuir a la disminución de este tema ambiental.

La gran cantidad de sargazo que recalca en las playas está causando múltiples perjuicios en el estado de Quintana Roo, principalmente la disminución de la actividad turística, vital para la economía de la región.

El origen de estas algas es que son desprendimientos provenientes del Mar de los Sargazos. Dicho mar, cuyo nombre es debido a la gran cantidad de estas macroalgas, se encuentra en el Atlántico Norte y está delimitado por sus características físicas y biológicas. Las algas crecen rápidamente logrando duplicar su masa en menos de 18



Figura 1. Descripción de la figura 1.

Especies de sargazo

En un estudio acerca de la composición taxonómica del sargazo en el Caribe mexicano se han reportado 12 especies de Chlorophyta, 14 de Phaeophyceae y 14 de Rhodophyta en los arribazones de Punta Cancún y Puerto Morelos; el taxón más abundante fue el género *Sargassum*, con 7 especies. La extracción de polímero consiste en algunos pasos bastante sencillos pero cuidadosos, a partir del sargazo.

La obtención de polímeros mediante el sargazo y consta de los siguientes pasos, que se muestran a continuación.

- 1.- Paso de pre-ambientación de sargazo. Los pasos son la obtención de la materia prima (*Sargassum* sp.) de playa del Carmen, enjuagar, secar a temperatura ambiente y triturar.
- 2.- Paso de extracción de consistencia. Hervir el alfa en un contenedor para que la consistencia sea la esperada.
- 3.- Paso de extracción ácida. Se filtra, mediante escurridor para obtener el alginato.
- 5.- Paso de mezcla de elementos. Se mezcla con otros elementos (fécula de maíz y Agua destilada.).
- 6.- Paso Reposar y evaporar. Se evapora el líquido quedando como residuo el polímero en forma de película.

La gran mayoría de productos que consumimos tiene su origen en materiales que se encuentran en la naturaleza, aunque en la actualidad estos son procesados e integrados con otros componentes, aditivos o elementos creados de forma artificial lo que los hace más complejos, con características muy diversas y que cumplen con un propósito de utilización.

Hasta hace algunas décadas se a puesto la mirada en la reutilización de los restos de los productos originales e inclusive de los desechos que surgen de sus procesos de fabricación, pero también es cierto que es posible utilizar otros materiales primarios que no son desechos de procesos o resultado de la vida útil de productos procesados.

En la naturaleza existen elementos que se generan de forma natural y que en exceso y debido a su acumulación representan un riesgo y nocividad para los ecosistemas y medio ambiente en el que se presentan afectando a su vez otros aspectos como son las economías locales y los sectores económicos que las integran.

Como primera respuesta ante la creciente problemática de acumulación masiva de sargazo en las líneas costeras del México había sido la de recolección y disposición, que si bien es un alivio para ciertos aspectos afectados no es una solución definitiva. El uso y aplicación de la investigación científica y tecnológica ha dado pasos hacia una solución más efectiva y eficiente.

Por un lado, el TEC. de Monterrey a logrado crear procesos que muestran que el sargazo es la materia prima de productos como cosméticos o polímeros viables para el consumo humano y que no solo ayudan a eliminar esta alga de las líneas costeras, sino que a su vez crean empleos y activación económica no solo en las localidades afectadas sino en donde estos productos sean distribuidos y consumidos, así como en aquellas ubicaciones en las que dichos procesos sean instalados.

Por otro lado estudiantes de posgrado del TecNM han logrado determinar la factibilidad del uso de este desecho orgánico en diversos productos por lo que la gama en la que se puede aplicar esta materia prima cada vez es mayor, lo que abre muchas posibilidades de generar nuevos procesos para ello e inclusive de optimizar los ya existentes en beneficio del medio ambiente y la sociedad, este beneficio también abarca a toda la cadena de suministro y producción de artículos que tienen como base el sargazo.

Los procesos que existen actualmente son los el de hidrolisis enzimática mediante el cual se pueden obtener alginatos y fucoidanos que son empleados en el uso de cosméticos, los primeros también pueden ser utilizados para la creación de polímeros de tipo natural que sean aprovechados en los procesos de fabricación de productos plásticos en sustitución de los polímeros de tipo petroquímicos que usamos en la actualidad.

Resultados

Al optimizarse los procesos de transformación para este tipo de materia biológica considerada como desperdicio y restos nocivos, estos pueden constituirse en materiales como lo son polímeros que a su vez pueden ser utilizados en la fabricación de diversos productos como envolturas, productos desechables, entre otros que al fin de su vida útil y por ser materiales biológicos se integraran mucho mejor manera a la naturaleza que un polímero artificial, es decir su tiempo de degradación e impacto al medio ambiente será en menor posible. Por otro lado, la recolección y utilización tiene un beneficio directo en la sanidad de las líneas costeras en las que el sargazo se acumula, al mismo tiempo esto crea las condiciones para que el turismo, en las zonas con esta actividad económica, sean las mejores para que la derrama económica aumente para las personas y empresas de este giro.

Conclusiones

Como conclusión se menciona el poder optimizar el proceso de síntesis con el fin de aumentar la eficiencia de la reacción y disminuir el consumo de reactivos, también el poder tener un proceso definido y estandarizado para la generación del polímero de esta manera se determinan los puntos de control y las variables a controlar para tener una salida uniforme y que pueda ser utilizada como materia prima para la fabricación de artículos en los que los polímeros son el elemento principal.

Por otro lado se pretendo tomar este hito como punto de partida para generar otros procesos en los que se aproveche el sargazo como material principal contribuyendo a la reducción del impacto ambiental, afectación al sector turístico e impulsando el desarrollo social y económico de las regiones en las que la presencia de esta alga es un problema.

Referencias

Arce L. (2019). Sargazo un mar de oportunidades. El Sol de México. Recuperado: <https://www.elsoldemexico.com.mx/doble-via/ecologia/sargazo-caribe-mexicano-reciclaje-zapatos-viviendas-cambio-climatico-3791920.html>

Arce L. (2019). Sargazo un mar de oportunidades. El Sol de México. Recuperado el 5 de marzo del 2019, de <https://www.elsoldemexico.com.mx/doble-via/ecologia/sargazo-caribe-mexicano-reciclaje-zapatos-viviendas-cambio-climatico-3791920.html>

Arteaga L., Zavala S. (2018). Fabricación de plásticos biodegradables a base de pectina-alginato y polímeros de Agave para su utilización en la industria alimentaria, pp. 680-682. México. Recuperado el 10 de febrero del 2019, de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/10/112.pdf>

Avedaño, R., López A., Palou E., (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos, p.p 90-95. México. Recuperado el 25 de noviembre del 2018, de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/acym/ALGINATOS_I.pdf

Casas M., Hernández H., Marín A., Águila R.N., Hernández, C.J., Sánchez, I. (2006). El alga marina Sargassum (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 90-94.

Canté Aguilar, A. y Cupul Balam, G. Estudiantes de la Maestría en Ciencias Ambientales presentan trabajo sobre el uso del Sargazo, TecNM, disponible en <https://www.cancun.tecnm.mx/estudiantes-de-la-maestria-en-ciencias-ambientales-presentan-trabajo-sobre-el-uso-del-sargazo/>, consulta 28/11/2022.

Pérez Ortega, R. Toche, N. y Myriam Vidal Valero, 'Es un desastre ecológico': la crisis del sargazo en México, The New York Times, Medioambiente, disponible en <https://www.nytimes.com/es/2019/08/16/espanol/america-latina/sargazo-playas-mexico.html>, consulta 5/09/2021.

SEMARNAT. (2021). Lineamientos Técnicos y de Gestión para la Atención de la Contingencia Ocasionada por Sargazo en el Caribe Mexicano y el Golfo de México, Primera edición.

Zambrano, J., Desarrolla (2021). Tec de Monterrey en Puebla proyecto para atender problema del sargazo, Milenio, Comunidad, recuperado de <https://www.milenio.com/politica/comunidad/desarrolla-itesm-puebla-proyecto-problema-sargazo>.

Beneficios de la Automatización Robótica de los Procesos para e-Commerce

Ing. Susana Guadalupe Mosqueda León¹, Dra. Midory Samaniego Hernández²

Resumen—Esta investigación pretende detectar los beneficios que ofrece el automatizar el proceso de las ventas online, para el cual se desarrolló un prototipo con el fin de prestar el servicio a una muestra de usuarios y evaluarlos mediante una encuesta mixta de preguntas abiertas y cerradas, donde los resultados fueron favorables en una mejora de ingresos, reducción de tiempo.

Palabras clave—Automatización, E-commerce, Procesos, Robótica.

Introducción

Se detectó la necesidad en los usuarios de plataformas e-commerce de eliminar los tiempos que se pierden en tareas repetitivas pero esenciales para generar una venta, estos tiempos perdidos no generan un valor sobre el producto, por lo cual se busca desarrollar un servicio que realice esta actividad para simplificar las tareas de los usuarios.

Metodología

Procedimiento

Se realizó un prototipo, con el cual se ofreció el servicio a una muestra de personas para evaluar la experiencia del usuario para determinar cuáles son el área con beneficios y las mejoras que pudiesen implementarse.

Resultados

Se desarrolló un sistema que cumpliera con la función de automatizar el proceso de ventas en línea.

Se logró conectar a la plataforma sin afectar ninguna restricción ni política, por lo cual el uso del software no tendrá problema de manejo.

Se prestó el servicio a la muestra de usuarios para evaluar resultados con los beneficios.

Encontramos que nuestros clientes obtuvieron un incremento en sus ventas 25 a 50% sobre las ventas iniciales.

Se logró reducir los tiempos de publicación.

Se evaluó la satisfacción del cliente respecto al producto, para entender la conformidad del manejo del producto, además de entender las mejoras y necesidades de nuestros clientes de esta forma encontrar la mejora y oportunidades.

Análisis

La automatización de los sistemas simplificarán las actividades para el ser humano, son herramientas que vuelven más efectivos los procesos e implementarlos conlleva a diferentes y numerosos beneficios.

Conclusiones

Se logró obtener beneficios ante la automatización de las ventas en línea, al reducir el tiempo que el usuario aplica al usar la plataforma, además de conseguir incrementar las ventas al realizar el proceso en mayor cantidad de ocasiones, se llega a mayor mercado.

¹Ing. Susana Guadalupe Mosqueda León es Estudiante de la Maestría en Innovación aplicada del Tecnológico Nacional de México en Celaya, mosqueda.susi@gmail.com.

²Dra. Midory Samaniego Hernández es Profesora de Ingeniería Química en el Tecnológico Nacional de México en Celaya, México.midory.samaniego@itcelaya.edu.mx

Limitaciones

Al ser un sistema flexible y adaptable el servicio que se ofrece no tiene limitaciones que afecten su uso.

Recomendaciones

Implementar un servicio de automatización, es benéfico al negocio y la prosperidad de las ventas, ya que apoya en la reducción de tiempo que el usuario tiene que invertir en tareas repetitivas sin análisis que no generan valor, para poder utilizar el tiempo en las actividades que si representan más atención.

Referencias

- Aguirre, S. and Rodríguez, A., 2022. Automatización de un Proceso de Negocio Usando Automatización Robótica de Procesos (RPA): Un Estudio de Caso. Gobierno de México, A., 2022.
- Objetivo de Desarrollo Sostenible 9: Industria, Innovación e Infraestructura. [En línea] gob.mx. Disponible en: <<https://www.gob.mx/agenda2030/articulos/9-industria-innovacion-e-infraestructura>> [Consultado el 18 de julio de 2022].
- IBM.com. 2022. Automatización de Procesos Robóticos (RPA). [En línea] Disponible en: <<https://www.ibm.com/mx-es/automation/rpa>> [Consultado el 19 de julio de 2022].
- Kehoe, B., Patil, S., Abbeel, P., & Goldberg, K. (2015). A survey of research on cloud robotics and automation. IEEE Transactions on automation science and engineering, 12(2), 398-409.
- Tricorne, E., 2022. Rocketbot, software para la automatización robótica RPA
- Trycore. [En línea] Trycore. Disponible en: <<https://trycore.co/transformacion-digital/rocketbot-software-de-rpa/>> [Consultado el 8 de julio de 2022].

Notas Biográficas

El **Ing. Susana Guadalupe Mosqueda León** es técnico en programación, con el título de ingeniería en gestión empresarial cursando los estudios de Maestría en Innovación aplicada.

La **Dra. Midory Samaniego Hernández** es profesora en el Instituto tecnológico de México en Celaya.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Como identificar tu negocio en la plataforma online?
2. ¿En qué año comenzaste a vender a través de la plataforma?
A) 2013- 2015 B) 2016 – 2018 C) 2019 – 2020 D) 2021- 2023
3. ¿Qué producto distribuyes?
A) Electrónicos B) Accesorios C) Ropa. D) Vehículo E) Belleza
F) Otros: ¿cuáles?
4. ¿Qué actividad consideras lleva más tiempo para promocionar el producto?
A) Contestar Mensajes B) Realizar la publicación C) Entregas D) Surtir mercancía E) Otras. ¿Cuáles?
5. Al implementar el servicio de automatización, ¿en qué actividades permite ahorrar tiempo?
A) Contestar Mensajes B) Realizar la publicación C) Entregas D) Surtir mercancía
6. ¿Cuáles eran tus ganancias del primer trimestre de ventas en la plataforma?
7. ¿Cuánto han incrementado tus ventas actuales con el uso del servicio de automatización?
A) 0-25% B) 26-50% C) 51- 75% D) 76- 100%
8. ¿Cuánto tiempo te demoraba realizar una publicación sin la implementación del servicio de automatización?
A)0-5 min B) 6-10 min C) 11-15 min D) Mas de 15 min.
9. Después de implementar el servicio de automatización, ¿Cuánto tiempo te toma realizar una publicación?
A)0-5 min B) 6-10 min C) 11-15 min D) Mas de 15 min.
10. ¿El sistema apoya a la venta de tu producto?
A) Si B) No

Sistema de Actuación para Caracterización de Torres de Origami Flexibles con Aplicación de Visión Artificial en Pruebas de Movilidad

Dra. Lydia Gabriela Ortega Bucio¹, Dra. Xochitl Yamile Sandoval Castro², M.C. Josué Rafael Montes Martínez³, M.T.A. Israel Santacruz Mondragón⁴, M.C. Madeleine Medina Castillo⁵, Dr. José Marcos Zea Pérez⁶, M.C. Fabiola Hernández Hernández⁷, M. en I. Maximiano Francisco Ruiz Torres⁸,

Resumen—La Universidad Politécnica de Querétaro en colaboración con el CICATA Querétaro, IPN, presenta los resultados del diseño de un Sistema de Actuación para Caracterización de Torres de Origami Flexibles con Aplicación de Visión Artificial (SACTF). Estas instituciones dentro de esta colaboración han estado trabajando con estructuras flexibles inspiradas en patrones de origami para la propuesta de un actuador deformable. El SACTF consiste en una estructura de aluminio que permite la fijación de las torres deformables de origami, que se actúan a través de tendones de nylon. Se propone un sistema virtual de medición del movimiento de las torres de origami mediante técnicas de visión por computadora. Utilizando Matlab se desarrolló una interfaz que permite medir los ángulos y dimensiones de la torre de origami durante su movimiento. La aplicación está conformada de una interfaz de Matlab que permite al usuario exportar los resultados obtenidos en un documento Excel. Así como, graficar en tiempo real la movilidad de la estructura deformable.

Palabras clave—Visión Artificial, Actuadores deformables, mediciones de movilidad, Torres de origami de origami, SACTF.

Introducción

La robótica deformable es un subcampo de la robótica que contempla el diseño, control y fabricación de robots utilizando materiales altamente flexibles, contrario a los eslabones rígidos, (Rus et al 2015). A diferencia de los robots clásicos que se estudian mediante la mecánica del cuerpo rígido y usan materiales como metales, cerámicas y plásticos duros, los robots deformables debido a su naturaleza garantizan una interacción segura con el usuario y el ambiente de trabajo.

Una parte fundamental de los robots deformables son los actuadores cuya fuente de alimentación puede ser térmica, eléctrica, hidráulica, neumática, entre otras, (Li, et al 2022). Dentro de este campo, se ha explorado el diseño mediante la técnica de origami, principalmente utilizado el método de manufactura de impresión 3D y la actuación neumática, (Velazquez-Flores, et al 2023), (Sandoval-Castro, et al 2021), (Zaghoul, et al 2023).

Los actuadores deformables pueden generar distintos movimientos como expansión, contracción, flexión y torsión (Ortega, et al 2022). Generalmente, estos movimientos se predicen a través de simulaciones por el método de elemento finito (FEM), sin embargo, el desempeño de los actuadores varía según las estimaciones, principalmente debido a los errores de manufactura. Distintas investigaciones proponen caracterizar el movimiento de los actuadores o robots deformables mediante análisis de imágenes (Gonzalez, et al 2022), (García Morales, et al 2020), (Decroly, et al 2020).

En este artículo se propone el desarrollo de un sistema de actuación para la caracterización de una torre de origami flexible. El sistema de actuación se compone de tres servomotores que se encargan de tensar un cable cada uno. Al tensar los cables de manera independiente, la torre de origami presenta un movimiento de flexión, cuando se tensan los tres cables de manera simultánea, la torre de origami puede extenderse o contraerse. Estos movimientos se caracterizan a través de un sistema de visión por computadora.

¹ La Dra. Lydia Gabriela Ortega Bucio es Profesora – investigadora de Ingeniería mecatrónica en la Universidad Politécnica de Querétaro, lydia.ortega@upq.mx (autor corresponsal) .

² La Dra. Yamile Sandoval Castro es investigadora de cátedra en el Centro de Tecnología Avanzada (CICATA) del IPN, Campus Querétaro, xsandoval@conacyt.mx

³ El M.C. Josué Rafael Montes Martínez es Profesor – de cátedra de Ingeniería mecatrónica en la Universidad Politécnica de Querétaro, josue.montes@upq.mx

⁴ El M.T.A. Israel Santacruz Mondragón. profesor universitario de ingeniería mecatrónica en la Universidad Anáhuac Querétaro, isra.stacruz@gmail.com

⁵ La M. en C. Madeleine Medina Castillo es Profesora – investigadora de Ingeniería mecatrónica en la Universidad Politécnica de Querétaro, madeleine.medina@upq.mx

⁶ El Dr. José Marcos Zea Pérez es profesor – investigadora de Ingeniería mecatrónica en la Universidad Politécnica de Querétaro, marcos.zea@upq.mx

⁷ La M. en C. Fabiola Hernández Hernández es profesora– investigadora de Ingeniería mecatrónica en la Universidad Politécnica de Querétaro, fabiola.hernandez@upq.mx

⁸ El M. en I. Maximiano Francisco Ruiz Torres es investigador de cátedra en el Centro de Tecnología Avanzada (CICATA) del IPN, Campus Querétaro, mruizt@ipn.mx

Descripción del Método

Este trabajo tiene como objetivo principal “Implementar un sistema para la evaluación experimental del movimiento de una torre de origami flexible utilizando Visión Artificial.”. Para lograr este objetivo se da seguimiento a la metodología científica con las siguientes etapas:

1. Validación del funcionamiento del Sistema de Actuación para Caracterización de Torres de Origami Flexibles, con el fin de establecer una metodología para las pruebas de movilidad en una estructura deformable
2. Implementación de un sistema de iluminación para mantener un ambiente controlado.
3. Diseño de un sistema de visión artificial con interfaz de usuario para la medición de parámetros geométricos y ángulos en la estructura deformable.
4. Diseño de aplicación Android que permite controlar el movimiento de la estructura.
5. Realizar pruebas de validación de movimiento, medición y control de iluminación con la interfaz de usuario y la aplicación para celular

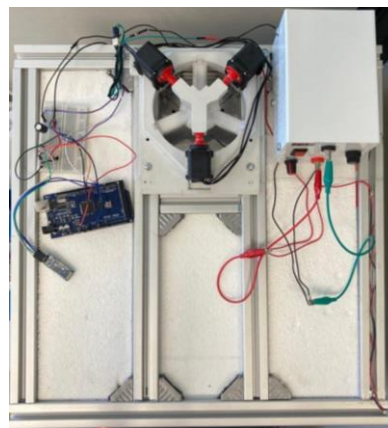
Comentarios Finales

Resumen de resultados

El SACTF, es una estructura cúbica de aluminio que permite sujetar y movilizar una torre deformable inspirada en patrones de origami a través de tendones de nylon, Figura. 1 a). La movilidad de la torre de origami se realiza mediante la actuación de tres motores configurados simétricamente, cuando los motores se activan de manera independiente o simultánea, tensan los tendones de nylon y los enrolla en una polea, de este modo se pueden controlar los movimientos de la torre de origami en flexión y contracción. El sistema de control se encuentra programado con el Software libre de Arduino IDE en el microcontrolador Arduino MEGA Figura 1. b). El soporte electrónico para esta movilidad está integrada también por una fuente de voltaje, un circuito integrado y el módulo bluetooth HC05.



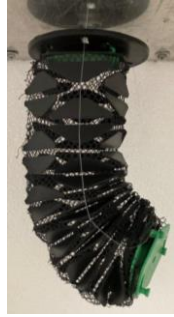
a) Estructura flexible montada en el SACTF, vista lateral



b) Elementos electrónicos que permiten el movimiento a través de tendones en la estructura flexible, vista superior

Figura 1. Sistema de Actuación para Caracterización de Estructuras de Origami Flexibles con Aplicación de Visión Artificial en Pruebas de Movilidad (SACTF)

Los tendones de nylon pasan a través de la torre flexible en tres puntos definidos por las aristas de la geometría del patrón de origami, Figura 2. a). Tres motores se encuentran en la parte superior de la estructura, su movimiento al ser independiente permite que la estructura flexible se pueda mover en compresión, extensión o tomar curvaturas de acuerdo a la caracterización que se requiera, figura 2) b).



a) Sujeción de una estructura flexible en el SACT F



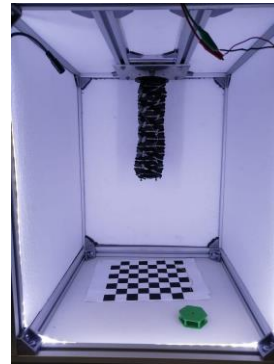
b) Motores que permiten la caracterización de la movilidad de una estructura deformable

Figura 2. Movilidad de una estructura flexible inspirada en Origami en el SACT F

Se implementa un sistema de iluminación para ambiente controlado con el objetivo de tener un mejor resultado al aplicar el Sistema de Visión Artificial en el SACTF. Este sistema de iluminación consiste en colocar tiras de luces led en la parte interior del cuadro frontal de la estructura de aluminio, en dos puntos diferentes de la estructura se colocaron 2 fotorresistencias al fondo con el fin de monitorear la cantidad de luz detectada en el ambiente para ajustar la intensidad de iluminación a través de un PIC18F45k50. Para esto se programó una interrupción por timer cada 500 microsegundos teniendo una lectura analógica que proporcionarán las fotorresistencias adquiriendo luz con respecto al tiempo. Estos datos son exportados a MATLAB para graficar y observar el comportamiento de la luz y realizar los cálculos necesarios para los ajustes que se requieran. El control de la luz se realiza utilizando un control Proporcional Integral (PI), en el que se aplican las ganancias obtenidas de los cálculos de acuerdo a la información entregada. En la figura 3. se puede observar el resultado al tener un sistema de iluminación.



a) SACTF sin control de iluminación



b) SACTF con sistema de iluminación para ambiente controlado

Figura 3. Sistema de iluminación para ambiente controlado

Se implementó un sistema de visión artificial con la capacidad de medir dimensiones de ancho y largo, esto mediante el procesamiento de imagen, para únicamente detectar estas dimensiones en un solo objeto, además de medir la diferencia de ángulos que existe entre cualquier posición y una posición inicial.

De manera general, para la implementación del sistema de visión, se realizó una segmentación de imagen integrando operaciones morfológicas (erosión, dilatación) para así eliminar datos innecesarios en la imagen y únicamente centrarse en el objeto de interés, ya con este procesamiento de imagen se hace la calibración, lo que permite realizar mediciones en la estructura flexible. En la figura 5) se puede observar que se genera un rectángulo sobre el objeto de interés al que se le aplican los datos que se obtienen de la calibración para obtener valores de largo y ancho.



a) Calibración
b) Identificación de puntos de movilidad
Figura 4. Aplicación de un Sistema de Visión Artificial en estructuras flexibles

Utilizando MATLAB se diseñó una interfaz de usuario que permite interactuar de manera más amigable con el SACTF y realizar las mediciones durante la movilidad de la estructura flexible, esta movilidad se estará comparando en todo momento con una posición inicial.

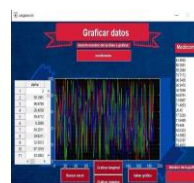
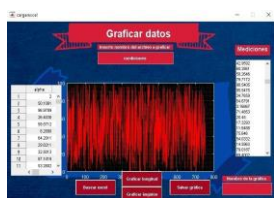
Para el desplazamiento longitudinal se genera un recuadro alrededor de la estructura (figura 5), esto permite identificar las medidas iniciales, estas medidas se fundamentan en la calibración con el tablero de ajedrez.

Cuando se produce el movimiento de la estructura, se toma una imagen posterior a la posición inicial para apreciar un ángulo de desplazamiento, teniendo esta figura se crea la superposición de dos imágenes, donde la primera es predeterminada y se trata de la posición inicial de la estructura y se encuentra totalmente vertical. Finalmente, la segunda imagen muestra a la estructura de origami en una pose diferente a su condición inicial. Para realizar el cálculo de estas medidas se declaran ecuaciones trigonométricas que definen los ángulos a través de un triángulo, al sumar sus tres ángulos internos el resultado siempre se obtiene 180° .



Figura 5. Interfaz Math Lab para obtener los resultados de movilidad de la estructura flexible

En la Figura 5, se observa la interfaz gráfica principal, esta contiene diferentes botones, uno de ellos permite guardar los valores de las mediciones en un documento Excel junto con un cuadro de texto para escribir el nombre del archivo. Un segundo botón permite graficar directamente desde esa interfaz las diversas mediciones que se están generando, tanto longitudinales como angulares, Figura 6.



a) Interfaz para graficar longitudes
b) Interfaz para graficar ángulos

Figura 6. Interfaz para graficar longitudes y ángulos.

Se realizó el diseño y desarrollo de una aplicación móvil para Android que permite controlar la movilidad de la estructura, utilizando el microcontrolador Arduino MEGA y el módulo bluetooth HC05 para poder manipular los motores, pero esta vez ya con la implementación de un módulo bluetooth.



Figura 7. Control de motores a través de una aplicación móvil

Los motores funcionan de manera independiente, por ellos en la app se encuentran los tres botones correspondientes a cada uno de estos, como se puede observar en la Figura 7. La movilidad a través de la app, permite que se muevan todos los motores o de manera independiente, teniendo la opción de controlar el movimiento a la derecha o izquierda, así como detenerlos cuando sea necesario.

Conclusiones

El SACTF permite la movilización de estructuras deformables, el control de la iluminación y la implementación de un sistema de visión artificial permiten la medida de los cambios longitudinales o angulares de la estructura. La implementación de una interfaz de usuario genera un ambiente amigable para la realización de las pruebas, así como el diseño de la aplicación Android permite que el usuario manipule los motores de manera precisa.

Recomendaciones

- Para la continuidad de este proyecto se requiere principalmente:
- Pruebas de repetitividad en la medición de longitudes y ángulos.
 - Monitorización de movimiento a través de un sensor de distancia.
 - Implementación de un mejor soporte para la cámara.
 - Implementación de PCB para el sistema de control.
 - Implementación de una caja a medida para la circuitería.

Agradecimientos

Este proyecto se ha logrado gracias al trabajo del equipo de profesores del CICATA, Querétaro y de la UPQ, Ingeniería mecatrónica, así como un equipo de estudiantes de la Universidad Politécnica de Querétaro, de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, a quienes les agradecemos sinceramente su trabajo, dedicación y compromiso, durante el año 2022: Francisco Perusquía Aboytes, Altamirano Balderas Josué Antonio, Hernández Peña José Ángel e Juan Ignacio Luna Mayorga

Referencias

Decroly, G., Mertens, B., Lambert, P. et al. Design, characterization and optimization of a soft fluidic actuator for minimally invasive surgery. *Int J CARS* 15, 333–340 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11548-019-02081-2>

García Morales, D.S., Ibrahim, S., Cao, B.H., Raatz, A. (2020). Design and Characterization of a 3D Printed Soft Pneumatic Actuator. In: Pisla, D., Corves, B., Vaida, C. (eds) *New Trends in Mechanism and Machine Science*. EuCoMeS 2020. Mechanisms and Machine Science, vol 89. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55061-5_55

Gonzalez David, Garcia Jose., Voyles Richard M, Robert A. Nawrocki, Brittany Newell, Characterization of 3D printed pneumatic soft actuator, *Sensors and Actuators A: Physical*, Volume 334, 2022, 113337, ISSN 0924-4247, <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.113337>.

Li, M., Pal, A., Aghakhani, A. et al. Soft actuators for real-world applications. *Nat Rev Mater* 7, 235–249. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00389-7>

Ortega L., Sandoval X., Medina M., Becerra A., Hernández F., Zea M., Ruiz M., Santacruz I., (2022). Análisis de los Parámetros Geométricos en una Estructura Tubular de Origami como Base de un Actuador Deformable en Soft Robotics. *Artículos del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Hidalgo 2022*. ISSN online 1946-5351 Vol. 14, No. 8, 2022

Rus, Daniela; Tolley, Michael T. (27 May 2015). "Design, fabrication and control of soft robots" . *Nature*. 521 (7553): 467–475. 2015. doi:10.1038/nature14543

Sandoval-Castro, X.Y., Garcia-Morales D., Castillo-Castaneda, E., Raatz, A. (2021). Robust 3D Printed Modular Soft Pneumatic Actuator using Origami Concept for High Contraction Soft Systems. In 5th IEEE/IFToMM International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots (ReMAR2021) . 10.32920/19469876.v1

Velazquez-Flores, K.G., Garcia-Morales, D.S., Sandoval-Castro, X.Y., Castillo-Castaneda, E., Raatz, A. (2023). Kinematic Model and Numerical Evaluation of an Origami-Inspired Soft Pneumatic Actuator. In: Laribi, M.A., Nelson, C.A., Ceccarelli, M., Zegloul, S. (eds) New Advances in Mechanisms, Transmissions and Applications. MeTrApp 2023. Mechanisms and Machine Science, vol 124. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29815-8_9

Zagloul, A.; Bone, G.M. Origami-Inspired Soft Pneumatic Actuators: Generalization and Design Optimization. Actuators 2023, 12, 72. <https://doi.org/10.3390/act12020072>

Notas Biográficas

Dra. Lydia Gabriela Ortega Bucio, Profesora Investigadora de Tiempo Completo en la Universidad Politécnica de Querétaro, en el área de Ingeniería Mecatrónica. Doctorado y Maestría en Mecánica por la Université Joseph Fourier, Grenoble, Francia. Maestría en Educación, Universidad Marista de Querétaro UMQ y Licenciatura como Ingeniera Geóloga por la Universidad Autónoma de México UNAM. Perfil deseable PRODEP, Líder del Proyecto Soft Robotics (Mujeres STEM UPQ), Mentora del programa Mujeres Líderes en STEAM .

Dra. Xochitl Yamile Sandoval Castro

Doctora en Tecnología Avanzada con especialidad en Robótica por el Instituto Politécnico Nacional, obtuvo el grado de Maestría en Instrumentación y Control Automático por la Universidad Autónoma de Querétaro y el grado de Ingeniera en Comunicaciones y Electrónica por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Actualmente es Profesora investigadora de Cátedra CONACYT adscrita al Instituto Politécnico Nacional en el CICATA-Qros. Pertenece al SNI.

M.C. Josué Rafael Montes Martínez, es profesor investigador en la Universidad Politécnica de Querétaro en el área de Mecatrónica. Su maestría en Mecatrónica por parte del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI) y la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica por la Universidad del Valle de México campus Querétaro. Actualmente estudiante de doctorado en Mecatrónica por el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI). Es docente en materias de automatización industrial, sistemas de visión artificial, electrónica y programación.

M.T.A. Israel Santacruz Mondragón

Profesor de tiempo completo de la Universidad Anáhuac Querétaro. Ingeniero Mecatrónico por la Universidad Politécnica de Querétaro. Maestro en Tecnología Avanzada por el Instituto Politécnico Nacional. Estancia de investigación en la Universidad de Leibniz en Hannover. Ha trabajado como Ingeniero de Manufactura en Nexteer Automotive.

M.C. Madeleine Medina Castillo Profesor Investigador de Tiempo completo de la Universidad Politécnica de Querétaro en el área de mecatrónica.. Ingeniero químico en procesos por el Instituto Tecnológico de Pachuca y maestría en matemáticas educativas por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Cuenta con perfil Deseable PRODEP, miembro del Cuerpo Académico de Tecnología Educativa. .

M.C. Fabiola Hernández Hernández Profesor Investigador de Tiempo completo de la Universidad Politécnica de Querétaro. Licenciada en Matemáticas aplicadas, de formación y maestría en Ingeniería de Biosistemas, ambas por la Universidad Autónoma de Querétaro. Cuenta con perfil PRODEP.

Dr. José Marcos Zea Pérez, Profesor-Investigador de la Universidad Politécnica de Querétaro con Doctorado en Manufactura Avanzada por el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ) , Maestría en Ciencias en Sistemas de Manufactura con especialidad en automatización por el Tecnológico de Monterrey Campus Queretaro. Actualmente, Líder del cuerpo académico de sistemas inteligentes cultivando.

M. en I. Maximiano Francisco Ruiz Torres, Profesor-Investigador del CICATA-IPN Unidad Querétaro. Adscrito al Departamento de Mecatrónica.

Propuesta de un Plan de Intervención para Disminuir Riesgos en un Aserradero

Sara Migdali Ortiz Salazar¹, Jesús Olegario Lechuga Bautista², Cristopher Saucedo Gándara³, María del Pilar Reyes Sierra⁴

Resumen

Forestal Alfa S.A. de C.V. Es una empresa dedicada a los aserraderos en Victoria de Durango, en la cual se genera la necesidad de plantear una Propuesta de un Plan de Intervención para Disminuir Riesgos en un Aserradero. Por lo cual le dimos un enfoque cuantitativo descriptivo, con la participación de empresarios de los diferentes aserraderos que existen en Durango, con ayuda de un cuestionario de 30 preguntas aplicada a 80 empresarios, se utilizó el programa de (Statistical Package for Social Sciences) SPSS en el cual los resultados en los índices: cronbach de 0.92, KMO de .759, Sperman de 0,01 Pearson 0,05 y Kappa de .800 que indican mediciones reales y certeras. Se concluye que la principal causas de mala higiene y seguridad en los aserraderos de Durango es por la deficiente implementación al disminuir los riegos y la poca preparación actualizada que los empresarios deberían de adquirir, como, planes de capacitación e implementación de medidas para la disminución de riegos laborales, es decir, que es necesario la innovación, la tecnología y calidad en los productos y servicios de todas empresas.

Palabras clave—estrategias, competitivas, administrativas.

Abstract

Forestal Alfa S.A. de C.V. It is a company dedicated to sawmills in Victoria de Durango, in which the need to propose a Proposal for an Intervention Plan to Reduce Risks in a Sawmill is generated. For which we gave a descriptive quantitative approach, with the participation of businessmen from the different sawmills that exist in Durango, with the help of a survey of 30 questions applied to 80 businessmen, the SPSS program was produced in which the results in the indices: cronbach of 0.92, KMO of .759, Sperman of 0.01, Pearson 0.05 and Kappa of .800 that indicate real and accurate measurements. It is concluded that the sawmills in Durango, its main cause of closing a business is due to the deficient implementation of administrative strategies and the little updated preparation that entrepreneurs should acquire for the continuous improvement of their administration, that is to say that innovation is necessary., technology and quality of a product and service of any company.

Keywords—strategies, competencies, administrative.

Introducción

Esta investigación está centrada en los aserraderos de Forestal Alfa que existen a lo largo y ancho de la ciudad de Victoria de Durango. Forestal Alfa tiene un papel importante ya que gracias a ellos existe la economía dentro y fuera del estado de Durango. A través de esta investigación se busca conocer la problemática principal que enfrentan Forestal Alfa hoy en día y cuales son las razón para tener mala higiene y seguridad dentro de sus instalaciones , con la

¹ Sara Migdali Ortiz Salazar. Estudiante del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México. 19041629@itdurango.edu.mx

²Jesús Olegario Lechuga Bautista. Estudiante del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México. 20040237@itdurango.edu.mx

³Cristopher Saucedo Gándara. Estudiante del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México. 20040263@itdurango.edu.mx

⁴María del Pilar Reyes Sierra. Profesora del Departamento Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Durango, México. mariapilareyes@itdurango.edu.mx

finalidad de hacer ver los resultados (las causas) para de esta manera fomentar y disminuir riesgos a todo empresario en Durango. Conocer el proceso de higiene y seguridad de Forestal Alfa es esencial, por lo cual se llevó a cabo un estudio de campo para recolectar información mediante un cuestionario aplicada a los empresarios para conocer las estrategias aplicadas y su situación actual además de identificar los principales problemas. Finalmente se mostrarán las conclusiones resultado de este estudio realizado.

Antecedentes

Los aserraderos tradicionales a menudo sufren problemas ergonómicos porque están diseñados para adaptarse al trabajador en la estación de trabajo en lugar de estar diseñados para adaptarse al trabajador, Y en este entorno de trabajo a menudo sufren lesiones musculoesqueléticas que son una preocupación para la salud, la seguridad y la productividad del trabajador. (Polat, Özkaya y Kalinkara, 2016).

En silvicultura, la investigación de optimización se ha concentrado principalmente en mejorar el modelo de corte del aserradero (Pradenas, 2006) y la simulación global del proceso de producción del aserradero (Randhawa, 1994), y se ha logrado buenos resultados. En la parte de secado de los aserraderos se han realizado estudios de mejora de la tecnología de secado. (Cloutier et al., 1992), y no se ha resuelto la programación de grupos de secado de producto.

La investigación contribuye significativamente al desarrollo de programas de protección de la seguridad y la salud en el trabajo para prevenir accidentes y enfermedades profesionales. Los métodos de investigación son métodos cuantitativos y cualitativos, teóricos: histórico, lógico, sintético e inductivo. Datos tal cual; cuestionarios, entrevistas y observaciones para medir variables: política, proceso y resultados. Todo esto se hace para recopilar datos que nos ayuden a identificar problemas potenciales con nuestro negocio y ayuden a evitar accidentes del operador y la degradación del rendimiento que podría afectar a nuestros productos. (Gu, 2018).

El estudio también se centra en el análisis de la gestión técnica de los pequeños aserraderos, en la que se ha desarrollado una herramienta metodológica para facilitar, teniendo en cuenta el desarrollo del pensamiento estratégico empresarial, la búsqueda e investigación de información bibliográfica se realiza directamente como método de información. En empresas, en entrevistas con empleadores y empleados. Las herramientas metodológicas propuestas son una importante contribución a la mejora del proceso de toma de decisiones estratégicas relacionadas con los recursos tecnológicos y deben perfeccionarse aún más a través de la investigación continua. (Hernández. 2018).

Un estudio de campo, como el muestreo de trabajadores en un aserradero expuestos a astillas de madera. Las entrevistas, las evaluaciones físicas y la espirometría forzada se realizaron después de un análisis descriptivo de un pequeño porcentaje que no analizó cuán pobre era el ambiente de trabajo debido a la ergonomía perjudicial, lo que requirió mejoras en el equipo de los empleados y las superficies de trabajo. Por ejemplo, dicen que durante el pulido reflejara el polvo de madera, lo que lesionara a los trabajadores. (Toledo. 2019)

Metodología

La metodología que se presenta es de tipo cuantitativo y un alcance descriptivo. Debido a la importancia y necesidad de la investigación, la metodología servirá para evaluar, aplicar todo el protocolo de la higiene y seguridad en empresas dedicadas al aserrío de madera, la aplicación de ello ayudará a implementar procesos de recolección de datos, también clasificar y validar los mismos datos recolectados. La implementación de la metodología ayudará a mejorar las líneas de producción afectadas por no tener una buena distribución de espacios con seguridad y su adquisición de materiales, facilitará el conocimiento del entorno o su área de estudio, se evitarán problemas que afecten a el rendimiento de la empresa.

Indicadores de fiabilidad

Alfa de Cronbach—Después de obtener las respuestas de los encuestados se procedió a utilizar el software de procesamiento SPSS para encontrar la fiabilidad del estudio, mediante el índice de “Alfa de Cronbach”. Dicho índice arrojó un valor de 0.835 (véase figura 1) arrojando como resultado una fiabilidad optima por lo que el estudio fue realizado de manera correcta.

Figura 1.
Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Número de elementos
.835	26

Figura 1 Elaboración Propia

Índice Kaiser-Meyer-Olkin—El índice KMO en conjunto con la prueba de esfericidad de Bartlett arroja un índice el cual te muestra la posibilidad de emular el estudio y que este siga coincidiendo. En este caso se obtuvo un 72% de certeza que este estudio podrá ser reproducido, el cual es un valor bueno para este indicador.

Figura 2.

KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.	.721
Chi-cuadrado aproximado	57.944
Prueba de esfericidad de Bartlett	gl
	15
	Sig.
	.000

Figura 2 Elaboración Propia

Rho de Spearman—Este índice te muestra la correlación que puede existir entre dos preguntas, en este caso se obtuvo una gran relación entre las preguntas #27 (¿Considera usted que está preparado para un desastre en su lugar de trabajo?) y la pregunta #28 (Hay carteles con los señalamientos adecuados).

Figura 3.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
@27Consideraqueestapreparadoanteundesastreenel lugar	Entre grupos	.526	3	.175	.212	.888
	Dentro de grupos	40.643	49	.829		
	Total	41.170	52			
@28Haycartelesconlosseñalamientoscorrectos	Entre grupos	.350	3	.117	.139	.936
	Dentro de grupos	40.934	49	.835		
	Total	41.283	52			

Figura 3 Elaboración Propia

Por lo que se puede concluir es que a los trabajadores les es más importante tener el señalamiento y la instrucción necesaria ante un posible desastre en el lugar de trabajo.

Índice de Kappa—Dados los resultados obtenidos por los índices de correlación efectuados con anterioridad es posible realizar un estudio de kappa que demostraría la afectación que ambas preguntas podrían tener en la efectividad de los trabajadores.

Se realizó el estudio con las preguntas #27 (¿Considera usted que está preparado para un desastre en su lugar de trabajo?) y la pregunta #28 (Hay carteles con los señalamientos adecuados) obteniendo un valor de 0.552 (Véase figura 3).

Podemos concluir entonces que el conocimiento y los señalamientos no presentan una afectación al rendimiento del trabajador, aunque es necesario generar una mejora inmediata en esos aspectos.

Figura 3.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Entre grupos	.526	3	.175	.212	.888
	Dentro de grupos	40.643	49	.829		
@27Consideraqueestapre paradoanteundesastreene llugar	Total	41.170	52			
@28Haycartelesconlosse ñalamientoscorrectos	Entre grupos	.350	3	.117	.139	.936
	Dentro de grupos	40.934	49	.835		
	Total	41.283	52			

Anova

Conocer el proceso de higiene y seguridad en los aserraderos de Durango es esencial, por lo cual se llevó a cabo un estudio de campo para recolectar información mediante una encuesta aplicada a los empresarios para conocer las estrategias aplicadas y su situación actual además de identificar los principales problemas. La implementación de la metodología ayudó a conocer el desarrollo de las actividades al interior de un aserradero en lo que concierne a higiene y seguridad y con ello poder plantear mejoras en los espacios donde se desenvuelven los trabajadores para que lo hagan sin riesgos laborales con seguridad y a su vez se evitarán problemas que afecten a el rendimiento de la empresa.

De acuerdo con el análisis realizado se determina que hay algunos ítems en los cuales sí existe diferencia significativa, tal como se observa en la figura lo cual indica que es necesario implementar un plan de intervención con la finalidad de obtener los resultados óptimos y para de esta manera fomentar una cultura en seguridad a todo empresario en Durango.

Se muestra la correlación que puede existir entre dos preguntas, en este caso se obtuvo una gran relación entre las preguntas #27 (¿Considera usted que está preparado para un desastre en su lugar de trabajo?) y la pregunta #28 (Hay carteles con los señalamientos adecuados). Por lo que se puede concluir es que a los trabajadores les es más importante tener el señalamiento y la instrucción necesaria ante un posible desastre en el lugar de trabajo, además que existe una relación entre las preocupaciones de los trabajadores ante su instrucción y el señalamiento, lo que podría afectar el rendimiento y confianza de los trabajadores, el conocimiento y los señalamientos no presentan una afectación al rendimiento del trabajador, aunque es necesario generar una mejora inmediata en esos

Figura 4.

Existiendo así una diferencia significativa en los ITEM's, los cuales si son menores o son iguales del .050 significa una diferencia significativas, lo cual indica que es necesario implementar plan de intervención para disminuir los riesgos, los cuales son:

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
@2Cualeslaedadaproxim adadelostrabajadores	Entre grupos	10.601	3	3.534	3.171	.032
	Dentro de grupos	54.607	49	1.114		
	Total	65.208	52			
@5Realizancomidasforma leseneltaller	Entre grupos	10.793	3	3.598	3.110	.035
	Dentro de grupos	56.679	49	1.157		
	Total	67.472	52			
	Entre grupos	12.912	3	4.304	3.019	.027

@20Ustedcomotrabajador	Dentro de grupos	63.541	49	1.297		
asufridoalgúnaccidente	Total	76.453	52			
@25Creeustedqueeltaller	Entre grupos	7.672	3	2.557	2.832	.048
cuentaconlainfraestructur	Dentro de grupos	44.252	49	.903		
aadec	Total	51.925	52			
@26Seimpartensuficiente	Entre grupos	12.837	3	4.279	4.098	.011
scapacitacionessobrehigie	Dentro de grupos	51.163	49	1.044		
neysegu	Total	64.000	52			

Figura 4 Elaboración Propia

Medidas simétricas

Figura 5.

Medidas simétricas

	Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	.552	.090	5.939	.000
N de casos válidos	53			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Figura 5 Elaboración Propia

Diagrama de Gantt para Plan de Intervención para la Disminución de Riesgos Laborales

Figura 6.

Descripción de Actividades	Días	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Platica Sobre la Higiene y Seguridad en la Empresa		■	■																		
Curso sobre el uso del EPP			■	■	■																
Planes de Emergencia						■	■	■													
Delimitar Zonas de Extintores									■	■											
Capacitacion y Simulacion de uso de Extintores											■	■	■								
Delimitar Zonas de Riego														■	■						
Delimitar rutas de evacuacion																■	■				
Simulacro de Evacuacion																		■	■	■	

Figura 6 Elaboración Propia

Conclusión

Una vez realizada la investigación y de acuerdo con los datos obtenidos en las tablas de (Statistical Package for Social Sciences) SPSS, es posible determinar la carencia de instalaciones adecuadas, ya que con lo expresado por los trabajadores de la empresa en el instrumento (cuestionario), destaca un mal uso del (Equipo de Protección Personal) EPP ya que los aserraderos son lugares de trabajo que presentan riesgos inherentes debido a la presencia de maquinaria pesada, herramientas afiladas y la manipulación de materiales peligrosos como la madera, existiendo así una diferencia significativa en los ITEM's, los cuales si son menores o son iguales del .050 significa una diferencia significativas, lo cual indica que es necesario implementar plan de intervención para disminuir los riesgos.

En resumen, en los aserraderos es crucial asegurar la higiene y la seguridad debido a las características de las operaciones y los riesgos inherentes. La adopción de prácticas adecuadas en estos aspectos no solo beneficia a la salud y el bienestar de los trabajadores, sino que también contribuye a mejorar la eficiencia y la productividad de toda la industria maderera.

Anexos

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Cuántos trabajadores tiene el taller?
2. ¿Cuántos Trabajadores tienen más de 30 y cuantos menos?
3. ¿Qué implementos de protección personal usan?
4. ¿Utiliza alguna seguridad para su protección?
5. ¿Realizan comidas formales en el taller?
6. ¿Los servicios sanitarios y duchas se encuentran en qué estado?
7. ¿Qué tipo de protección proporcionan al trabajador?
8. ¿Cómo se encuentran las herramientas?
9. ¿Control de herramientas?
10. ¿Con que frecuencia afilan las sierras y herramientas?
11. ¿Las Instalaciones eléctricas en qué condiciones están?
12. ¿Cuentan con botiquín de primeros auxilios y en qué condiciones está?
13. ¿Las fajas de la maquinaria tienen protección?
14. ¿La sierra Circulares tienen protección?
15. ¿Que conoce sobre la seguridad e higiene?
16. ¿Existen fuentes de riesgo en su puesto?
17. ¿Utiliza equipos de seguridad?
18. ¿El centro insiste en que utilice los equipos de protección?
19. ¿Se le llama la atención si no lo hace?
20. ¿Usted como trabajador ha sufrido algún accidente?
21. ¿Realiza o no actos inseguros que lo pongan en riesgo?
22. ¿Usted informa cuando identifica un posible riesgo?
23. ¿Usted trabaja en un ambiente laboral tranquilo?
24. ¿Considera que labora en condiciones inseguras?
25. ¿Cree usted que el taller cuenta con la infraestructura adecuada?
26. ¿Se imparten constantemente capacitaciones sobre higiene y seguridad?
27. ¿Considera que está preparado ante un desastre natural?
28. ¿Hay carteles con los señalamientos correctos?
29. ¿Hay ruta de escape por algún siniestro?
30. ¿Usa calzado adecuado?

Bibliografías

Medina Escobar, M. d. (01 de Noviembre de 2014). Análisis de riesgos higiénicos en aserraderos. Obtenido de Revistas:
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2083

- Lozano Alarcon, J. (07 de Enero de 2008). *stps.gob*. Obtenido de <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/nom-017.pdf>
- Mexico, P. (s.f.). Obtenido de <https://www.planetamexico.com.mx/durango-durango/aserraderos+de+maderas>
- Milpillas, E. F. (s.f.). *Empresa Forestal Milpillas*. Obtenido de <https://www.empresaforestalmilpillas.com/>
- Núñez, A. (s.f.). *Eoi*. Obtenido de <https://www.eoi.es/blogs/mintecon/2013/10/29/seguridad-e-higiene-industrial/>
- Oficemen. (s.f.). *Oficemen*. Obtenido de <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2017/05/Guia-PRL-capitulos-4-y-5.pdf>
- Riscotx. (Noviembre de 2015). Obtenido de <https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=617>
- Stps.Gob. (s.f.). *Gob*. Obtenido de http://www.stps.gob.mx/DGIFT_STPS/PDF/NOM08ASERRADEROS.pdf
- Vicente Pardo, José Manuel, & López-Guillén García, Araceli. (2020). Las enfermedades laborales por trabajos con la madera. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 66(259), 112-131. Epub 05 de abril de 2021. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2020000200112&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Cabo, j. (Septiembre 11, 2018). Accidente de trabajo, enfermedad profesional y enfermedades relacionadas con el trabajo. Principios de la prevención. Diciembre 15, 2021, de Gestion sanitaria Sitio web: <https://www.gestion-sanitaria.com/4-accidente-trabajo-enfermedad-profesional-enfermedades-relacionadas-principios-prevencion.html>

Videos

https://www.youtube.com/watch?v=hrqYTQLYchc&ab_channel=CristopherSaucedoGandara

Evaluación Sensorial de una Bebida a Base de Cáscara de Café Fermentada con *S. cerevisiae*

M.C. Viridiana Palacios-Ruiz¹, Dra. Mirna Leonor Suárez-Quiroz²,
Dr. Oscar González-Ríos³

Resumen— La pulpa de café seca, también denominada cáscara, es considerada un subproducto con características sensoriales de poca intensidad. La fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* ha demostrado mejorar el perfil sensorial de diversos alimentos por ello el presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar el impacto de un cultivo iniciador comercial de *S. cerevisiae* sobre las características sensoriales por medio de diferentes métodos de extracción. Se realizó un análisis descriptivo y la prueba discriminativa 2-AFC, evaluando el atributo de astringencia. Se compararon con una bebida de cáscara de café comercial. Los resultados muestran que las bebidas fermentadas con la levadura *S. cerevisiae* tuvieron un comportamiento más equilibrado en comparación con la bebida comercial, el tratamiento inoculado sumergido (LIU), mostró diferencia significativa en el atributo astringencia con la pulpa comercial (Tukey $p < 0.05$), evaluado por la prueba 2-AFC. El impacto de la fermentación con *S. cerevisiae* mejoró los atributos sensoriales de la cáscara de café.

Palabras clave— Cáscara de café, *S. cerevisiae*, evaluación sensorial, análisis descriptivo, 2-AFC.

Introducción

Los residuos de la cadena productiva que van de la cosecha hasta la bebida final constituyen alrededor del 90 % del peso total del fruto estos residuos incluyen mucílago, piel plateada, pergamino, borra de café y pulpa de café. Recientemente han sido denominados subproductos derivado de que poseen compuestos con potencial benéfico en la salud. La pulpa de café es uno de los subproductos más abundantes, representa alrededor del 30 - 50 % del fruto, derivado del proceso por el cual sean obtenidos (vía seca o vía húmeda) (Iriondo-Dehond *et al.*, 2020). Cabe mencionar que el término “cáscara de café” se refiere a la pulpa de café, que después de ser procesada es secada. Su utilización para formulaciones alimentarias ha ido en aumento debido a que se le atribuyen características como potente antioxidante derivado su contenido de compuestos polifenólicos, ácidos clorogénicos y cafeína, recientemente, la cáscara ha sido utilizada en la formulación de bebidas y otros alimentos. Además, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en 2021 aprobó la utilización de la cáscara de café para su uso en alimento bajo ciertas especificaciones. La pulpa de café ya ha sido utilizada en diferentes alimentos como bebidas, mermeladas, polvos de pan para panificación, tisanas, bebidas a base de alcohol y kombucha (Amorocho Cruz & Muñoz Cortés, 2021; Heeger *et al.*, 2017; KC *et al.*, 2021; Loukri *et al.*, 2020; Rosas-Sanchez, *et al.*, 2021) sin embargo, su aprovechamiento se ha visto condicionado debido a que sus propiedades sensoriales han sido reportadas de forma limitada (Lachenmeier *et al.*, 2022) y deficientes con notas como como agrias, astringentes y terrosas (Loukri *et al.*, 2020). Por otro lado, por medio de procesos como la fermentación se pueden potenciar las propiedades sensoriales de diferentes alimentos y bebidas tales como el café y cacao (Ruta & Farcasanu, 2021). Las levaduras comerciales han demostrado tener un efecto favorable en el desarrollo de aromas y sabores en el producto final.

Debido a que la evaluación sensorial es una de las características principales que intervienen en la elección de un producto es de gran importancia su evaluación durante el desarrollo de los alimentos (Meilgaard *et al.*, 2006). La información acerca del perfil sensorial de la cáscara de café aún es limitada por lo que es importante evaluarla con el fin de realizar una caracterización sensorial de esta bebida (Lachenmeier *et al.*, 2022).

Metodología

Recolección

Se recolectaron 120 kg de pulpa de café fresca, las cuales, fueron divididas en cuatro tratamientos, codificados de la siguiente manera mostradas en la Tabla. 1:

¹ La M.C. Viridiana Palacios-Ruiz es pasante en Ciencias en Ingeniería Bioquímica en el TNM/Campus Instituto Tecnológico de Veracruz, México m21020009@veracruz.tecnm.mx (autor corresponsal)

² La Dra. Mirna Leonor Suárez-Quiroz es Profesora de Ingeniería Química en el TNM/Campus Instituto Tecnológico, México mirna.sq@veracruz.tecnm.mx

³ El Dr. Oscar González-Ríos es Profesor de Ingeniería Química en el TNM/Campus Instituto Tecnológico de Veracruz, México. oscar.gr@veracruz.tecnm.mx

Tabla.1 Codificaciones de los tratamientos de fermentación con *S. cerevisiae*

Tratamiento	Descripción
FNC	Fermentación natural seca
FNU	Fermentación natural sumergida
L1C	Fermentación L1 seca
L1U	Fermentación L1 sumergida

Fermentación

Para la fermentación los tratamientos fueron divididos en lotes de 30 kg. Posteriormente se llevó a cabo la inoculación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* L1™ proporcionadas por la empresa Danstar Ferment A.G. de la marca LALCAFÉ. La fermentación se llevó a cabo por un tiempo de 12 h y posteriormente se realizó un secado natural por un periodo de 4 días hasta alcanzar entre un 10 - 12 % de humedad y la cáscara de café fue almacenada al vacío hasta su utilización.

Preparación de las infusiones

Para la preparación de las bebidas de cáscara de café se emplearon dos técnicas de extracción, la bebida caliente fue preparada por medio de una prensa francesa con 70 ± 5 g de cáscara de café de cada tratamiento a una temperatura de extracción de 95 ± 2.5 °C durante 5 ± 1 minutos de extracción en 1 L de agua. La bebida fría se preparó por medio de el método cold brew utilizando 140 ± 5 g de pulpa de café de cada tratamiento en 1 L de agua a una temperatura de 4 ± 1 °C durante 24 h. La evaluación sensorial se realizó por medio de seis jueces entrenados de entre 20 – 30 años.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevo a cabo por medio de dos métodos un análisis descriptivo y una prueba de diferenciación 2-AFC.

Análisis descriptivo

Se evaluaron 10 atributos sensoriales considerados marcadores de calidad en la bebida de café tradicional, por lo tanto, para caracterizar la bebida de cáscara de café se utilizaron los siguientes atributos: intensidad aromática, calidad aromática, acidez, amargor y astringencia, además, de atributos sensoriales más específicos que permitieron una descripción detallada de la bebida final como nota afrutada, herbal, nueces, dulce y otros.

Análisis 2-AFC.

El objetivo de la prueba 2-AFC (two alternative forced choice), fue determinar si existió diferencia significativa o no entre las cuatro muestras de cáscaras fermentadas en comparación con una cáscara comercial de la empresa California evaluando el atributo de astringencia, el cual, fue definido como la sensación de resabio, descrita como sequedad en la cavidad oral, así como fruncimiento y encogimiento de la piel. Esto se realizó comparando por pares, una muestra fermentada y una muestra comercial.

Resultados y Discusión

Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de las bebidas de cáscaras fermentadas (FNC, FNU, L1C y L1U) por el método de prensa francesa presentaron un comportamiento más equilibrado en comparación con la bebida de cáscara comercial, algunos de los atributos que presentaron mayor calificación por el panel entrenado fue el atributo floral (3 puntos) y el de astringencia (2.5 puntos), en comparación con la bebida de cáscara comercial. Las calificaciones asignadas por los jueces entrenados se encontraron en un intervalo de 0 a 5 puntos, donde 0 indica que el atributo no fue percibido y 5 la mayor percepción del atributo evaluado. En la **Figura 1** se muestran los valores obtenidos para cada atributo evaluado en todos los tratamientos de fermentación y la bebida de cáscara comercial. El término equilibrado hace referencia a que en la bebida no domina un sabor u olor en particular, sino, la combinación agradable de todos los atributos. Adicionalmente, el panel entrenado identifico otros atributos, entre los que destacaron notas a jamaica, afrutado y cítricos

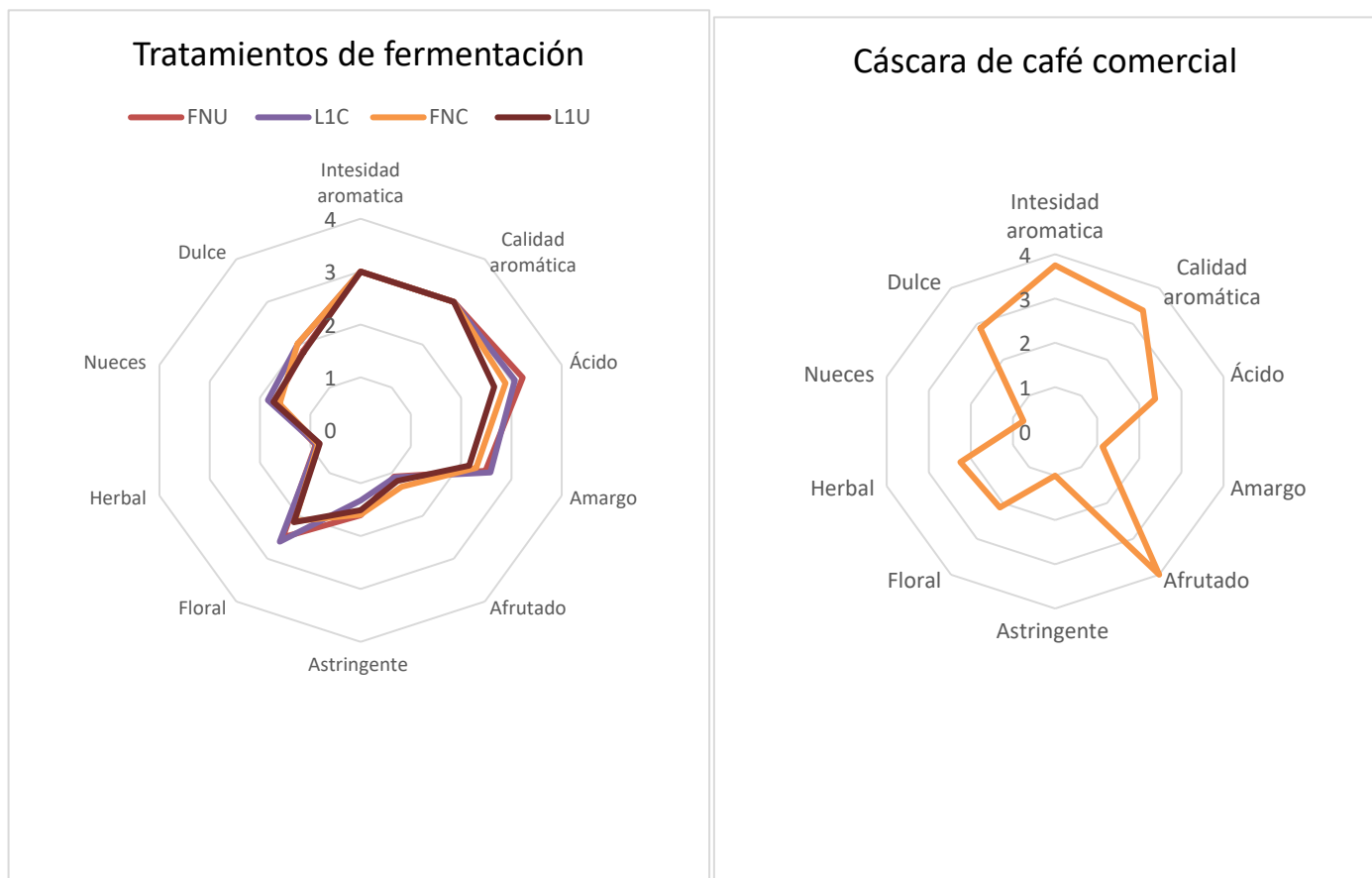


Figura 1.- Evaluación sensorial descriptivo de las bebidas de cáscara fermentadas (a) y comercial (b) por el método de prensa francesa.

Por otro lado, para el método cold brew que se muestra en la **Figura 2**, los atributos como calidad sensorial e intensidad aromática obtuvieron una mejor calificación (4 puntos) para los tratamientos fermentados inoculados (L1C y L1U) con respecto a la bebida de cáscara comercial, lo que resulto en una bebida equilibrada por medio de esta extracción, no obstante, el atributo afrutado obtuvo la mayor puntuación (4 puntos) en la bebida de cascara comercial. Las notas percibidas por el panel sensorial para esta extracción fueron similares a las anteriores, además, de notas a manzanilla, herbales, florales y tamarindo.

Los tratamientos fermentados con *S.cerevisiae* (L1C y L1U) se relacionaron con notas afrutadas como tamarindo, ciruela y durazno y notas florales como jamaica y manzanilla, esto puede atribuirse a la inoculación de las levaduras comerciales, en alimentos como el café se ha reportado que la fermentación con levaduras comerciales genera notas afrutadas, esto debido a que la pulpa de café es utilizado como sustrato para la formación de compuestos aromáticos (de Melo Pereira *et al.*, 2019). Las fermentaciones naturales (FNC y FNU) tuvieron un comportamiento similar, sin embargo, las notas percibidas por los jueces entrenados fueron calificadas con una menor intensidad con respecto a los tratamientos de fermentación inoculada y la bebida de cáscara comercial

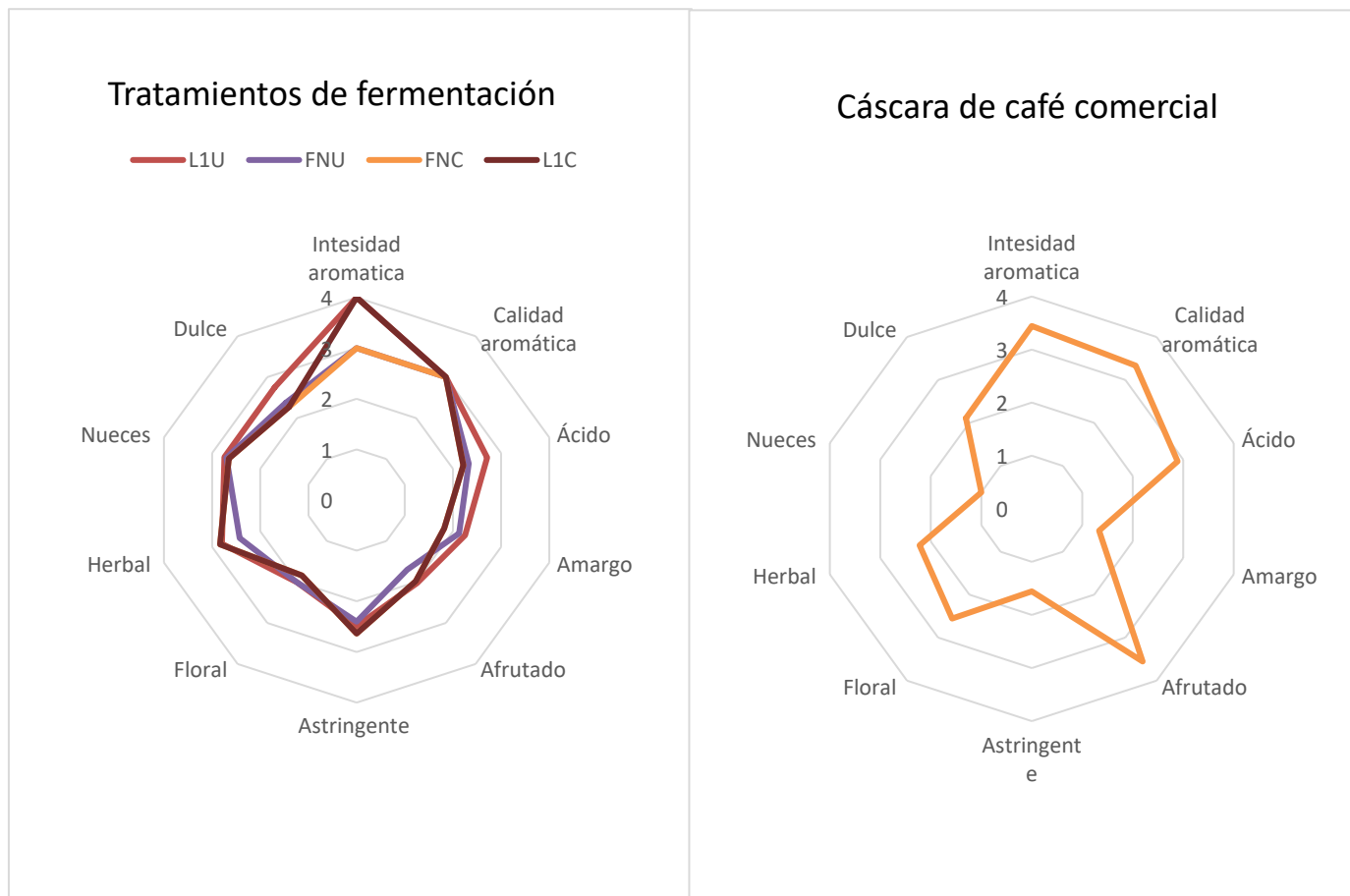


Figura 2.- Evaluación sensorial descriptivo de las bebidas de cáscara fermentadas (a) y comercial (b) por el método de cold brew.

Prueba 2-AFC.

La prueba de diferenciación 2-AFC no observo diferencia significativa entre tratamientos los tratamientos fermentados (FNC, FNU, L1C) (Tukey $p < 0.05$) en comparación con la bebida de cáscara comercial, es decir, que la nota astringente fue percibida en todos los tratamientos y para los dos métodos de extracción prensa francesa y cold brew. A excepción del tratamiento inoculado sumergido (L1U), el cual, si presento diferencia significativa en comparación con la bebida comercial.

El atributo de astringencia se encuentra relacionado con compuestos antioxidantes como polifenoles y en específico ácidos clorogénicos como 5-cafeoilquinico (5-CQA). En el café las concentraciones de ácidos clorogénicos se asocian directamente con el atributo de astringencia (Yeager *et al.*, 2021). Clifford & Ohiokpehai, (1983) informaron que los ácidos clorogénicos contribuyen en la astringencia de los alimentos, además, Ribeiro *et al.*, (2011) correlacionaron de forma positiva el atributo de astringencia con concentraciones altas de 3 y 5-CQA, la pulpa de café se encuentra asociada a concentraciones altas de estos compuestos, por lo que, el atributo de astringencia reportado en este trabajo podría asociarse al alto contenido de los mismos en la cáscara de café .

Conclusiones

El impacto de la fermentación con *S. cerevisiae* mejora los atributos sensoriales de la cáscara de café.

Referencias

- Amoroch Cruz, C. M., & Muñoz Cortés, Y. (2021). Physicochemical, microbiological, and sensory characterization of fermented coffee pulp beverages. *Coffee Science*, 16. <https://doi.org/10.25186/v16i.1889>
- Clifford, M. N., & Ohiokpehai, O. (1983). Food analysis. Coffee astringency. *Analytical Proceedings*, 20(2), 83. <https://doi.org/10.1039/ap9832000083>
- de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Magalhães Júnior, A. I., Vásquez, Z. S., Medeiros, A. B. P., Vandenberghe, L. P. S., & Soccol, C. R. (2019). Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry*, 272, 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>
- Heeger, A., Kosińska-Cagnazzo, A., Cantergiani, E., & Andlauer, W. (2017). Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. *Food Chemistry*, 221, 969–975. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>
- Iriondo-Dehond, A., Iriondo-Dehond, M., & Del Castillo, M. D. (2020). Applications of compounds from coffee processing by-products. *Biomolecules*, 10(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/biom10091219>
- KC, Y., Subba, R., Shiwakoti, L. D., Dhungana, P. K., Bajagain, R., Chaudhary, D. K., Pant, B. R., Bajgai, T. R., Lamichhane, J., Timilsina, S., Upadhyaya, J., & Dahal, R. H. (2021). Utilizing Coffee Pulp and Mucilage for Producing Alcohol-Based Beverage. *Fermentation*, 7(2), 53. <https://doi.org/10.3390/fermentation7020053>
- Lachenmeier, D. W., Schwarz, S., Rieke-Zapp, J., Cantergiani, E., Rawel, H., Martín-Cabrejas, M. A., Martuscelli, M., Gottstein, V., & Angeloni, S. (2022). Coffee by-products as sustainable novel foods: Report of the 2nd international electronic conference on foods—“future foods and food technologies for a sustainable world.” *Foods*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/foods11010003>
- Loukri, A., Tsitlakidou, P., Goula, A., Assimopoulou, A. N., Kontogiannopoulos, K. N., & Mourtzinos, I. (2020). Green extracts from coffee pulp and their application in the development of innovative brews. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(19), 1–13. <https://doi.org/10.3390/app10196982>
- Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Carr, B. T. (2006). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16452>
- Ribeiro, J. S., Ferreira, M. M. C., & Salva, T. J. G. (2011). Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta*, 83(5), 1352–1358. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.11.001>
- Rosas-Sanchez, Gustavo Armando., et al. (2021). *Efecto de la pulpa de café en las propiedades reológicas de masa para pan y batidos para muffins y su relación con sus parámetros de panificación*.
- Ruta, L. L., & Farcasanu, I. C. (2021). Coffee and yeasts: From flavor to biotechnology. *Fermentation*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/fermentation7010009>
- Yeager, S. E., Batali, M. E., Guinard, J. X., & Ristenpart, W. D. (2021). Acids in coffee: A review of sensory measurements and meta-analysis of chemical composition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1–27. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1957767>

Notas Biográficas

La **Dra. Mirna L. Suárez Quiroz** es profesora investigadora SNI I del TNM/Campus Instituto Tecnológico de Veracruz. Es líder del cuerpo académico de Tecnología de Alimentos desde el 2004 donde ha desarrollado la línea de Control de la Calidad e Inocuidad en las cadenas productivas del café, cacao y pimienta. Imparte clases a nivel ingeniería, maestría y doctorado y es jefa del laboratorio de bromatología.

El **Dr. Oscar González Ríos** es profesor investigador SNI I y labora en el TNM/Campus Instituto Tecnológico de Veracruz. Además el Dr. González Ríos pertenece al Cuerpo Académico de Tecnología de Alimentos donde ha desarrollado la línea de investigación de café y cacao desde 2004. Imparte clases a nivel ingeniería, maestría y doctorado. Es jefe del laboratorio de tecnología del café.

Desarrollo de Aplicaciones Web para la Vinculación del Sector Productivo y Académico

Mtro. José Francisco Pérez de la Cruz¹, Dra. Elizabeth Guadalupe Zepeda Trujillo²,
Dr. Miguel Ángel Aguilar Flores³, Mtra. María Eugenia Galindo Díaz⁴

Resumen— En la actualidad la utilización de sistemas informáticos, software y recursos tecnológicos; son de gran beneficio para el desarrollo de procesos y procedimientos que permiten lograr mayor eficiencia y eficacia en las actividades sustantivas que realiza todo tipo de organización; es así, que el enfoque de este proyecto de investigación, se ha definido a través de la necesidad en utilizar una aplicación electrónica con el funcionamiento de Internet, donde se incorpore un padrón de empresas, organizaciones e instituciones locales que se ubican dentro de la zona de influencia de nuestra Universidad, de tal manera que al realizar el diagnóstico de cada organización se sistematice y con ello se conozca con veracidad la información general de las empresas, actividades a las que se dedican, productos y/o servicios que ofrecen, mercado y/o público que atienden; así como las principales necesidades y áreas de oportunidad; esto nos brindará la facilidad de contar con datos actualizados y oportunos que se encontrarán en el sistema informático, para que posteriormente a través de los diferentes planes y programas de estudio que se imparten en las Instituciones de Educación Superior, se vincule todo el esfuerzo académico que desarrollan los estudiantes y los docentes, con el objetivo de que los proyectos estén enfocados a brindar atención a los requerimientos del sector productivo y con ello lograr el impacto positivo obteniendo con ello mayor productividad, desarrollo y competitividad de las empresas, organizaciones e instituciones.

Palabras clave— Aplicaciones Web, Vinculación Institucional, Sector Productivo, Sector Académico, Municipio de Ocosingo, Chiapas.

Introducción

El área objeto de estudio de la presente investigación, es la Universidad Tecnológica de la Selva, Institución de Educación Superior del Gobierno Federal y del Estado, ubicada en el Municipio de Ocosingo, Chiapas; que oferta programas académicos, enfocados a contribuir con el desarrollo económico, social y ambiental de la región; considerando la pertinencia de los planes de estudio alineados a la vocación productiva de la zona, donde se desarrollan diferentes actividades económicas, tales como la ganadería, agricultura, agroindustria, comercio, transporte público y la prestación de servicios turísticos de naturaleza, que con el aprovechamiento sustentable de la diversidad de ecosistemas, tierras fértiles, innumerables atractivos naturales, cultura y tradición; con los que cuenta esta región; sin embargo, surge la necesidad de enfocar significativamente la vinculación entre el sector académico y el sector productivo, para generar alianzas de colaboración donde la comunidad académica – estudiantil de la Universidad participe de manera activa en apoyar el desarrollo del sector económico del Municipio.

A través de esta investigación se realizaron visitas, para los estudios de las diferentes unidades de negocios locales de los sectores productivos y giros económicos más representativos, identificando que existe la necesidad de establecer programas formales de atención, acompañamiento, asesoría, asistencia técnica y capacitación para las empresas, organizaciones e instituciones; con el objetivo de mejorar e incrementar su productividad y competitividad. Por otro lado, en nuestros días el uso de las TIC's, cada vez es necesario para procesar y sistematizar los recursos que se utilizan dentro de una organización; es por ello que la naturaleza del presente proyecto, está basado en la creación de una aplicación tecnológica que establezca los vínculos de colaboración entre el sector productivo y académico de las IES, de tal manera que a través del uso de estas herramientas se realicen los diagnósticos para identificar cuáles son los principales requerimientos y áreas de oportunidad del sector productivo, con ello, procesar toda la información en el sistema y a través de esas bases de datos proponer alternativas de intervención con la elaboración de proyectos académicos, trabajos de investigación de los estudiantes, prácticas y ejercicios, tareas, estancias y estadías académicas, servicios tecnológicos y educación continua, que los estudiantes y docentes de las IES, puedan ofrecer.

¹ El Mtro. José Francisco Pérez de la Cruz, es Docente e Investigador de la División de Administración de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo. isc.josefrancisco@gmail.com

² La Dra. Elizabeth Guadalupe Zepeda Trujillo, es Docente de la División de Administración de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo. liz-beth3@hotmail.com

³ El Dr. Miguel Ángel Aguilar Flores, es Docente de la División de Administración de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo. utsmflores@hotmail.com

⁴ La Mtra. María Eugenia Galindo Díaz, es Profesora Investigadora de la División de Turismo y Gastronomía de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo. kennygalindo@hotmail.com

Los beneficios de esta investigación, permite que a través de la creación de la aplicación tecnológica, se logre asegurar mayor vinculación entre las organizaciones y la comunidad universitaria, para la implementación de programas integrales de intervención y que se contribuya de manera significativa para incrementar el desarrollo de sus actividades de manera eficiente, trayendo como resultado mayor optimización de recursos, reduciendo costos e incrementando las utilidades de la empresa, de tal manera, para el desarrollo de este sistema es necesario establecer esquemas y metodologías que aprueben mayor efectividad en los resultados, empleando como propuesta: la programación extrema (XP), considerando que, es una metodología ágil de gestión de proyectos que se centra en la velocidad y la simplicidad, con ciclos de desarrollo cortos; la programación extrema o eXtreme Programming, es una metodología de desarrollo de la ingeniería de software formulada por Kent Beck, autor del primer libro sobre la materia, *Extreme Programming Explained: Embrace Change*.

2

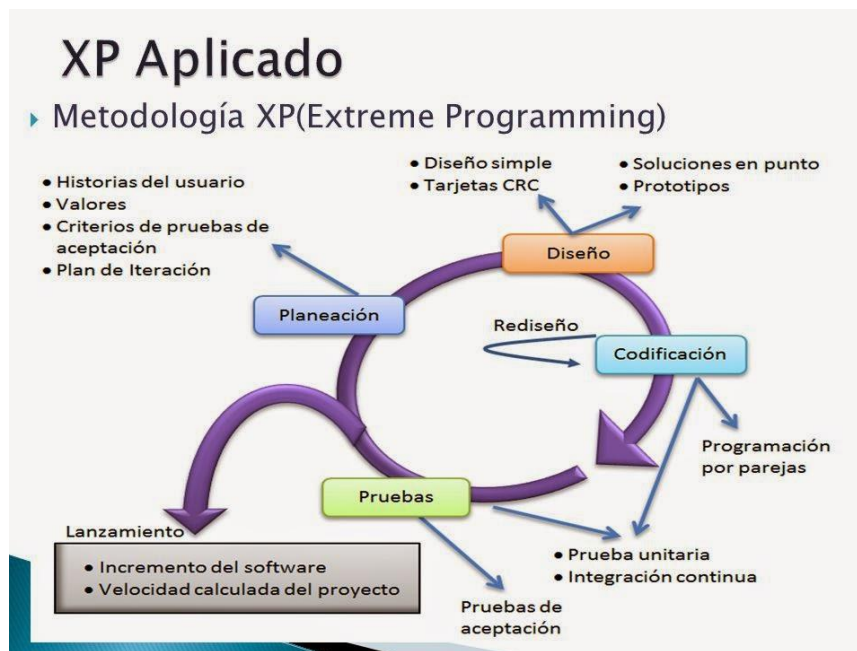


Imagen 1. La programación extrema (conocida como eXtreme Programming XP) es un enfoque de la ingeniería de sistemas formulado por Kent Beck, autor de *Extreme Programming Explained: Embrace Change* (2021).

Metodología

Procedimiento

El proyecto de investigación: Desarrollo de Aplicaciones Web para la Vinculación del Sector Productivo y Académico; se realizó considerando como un elemento más del objeto de estudio los diferentes sectores económicos y productivos de la región, tales como, agrícolas, ganaderos, comercios, prestadores de servicios, principalmente; para llevar a cabo el estudio fue necesario primero delimitar el territorio, considerando como el universo de investigación en primer lugar las diferentes empresas que existen en el Municipio de Ocosingo, Chiapas; posteriormente, se realizó la identificación de los planes y programas de estudios de la Universidad Tecnológica de Selva; lo cual nos permitió realizar los diagnósticos de manera directa, aplicando instrumentos de investigación como formularios de cuestionarios, guiones de entrevistas, listas de verificación y observación; donde se ha obtenido información enfocada a las necesidades más apremiantes de cada una de las organizaciones; posteriormente con los resultados encontrados se llevó la recopilación de información, tabulación, gráficas e interpretación, posteriormente se determinará si la creación de una aplicación representa una herramienta positiva para las organizaciones; de esta manera confirmamos que la metodología utilizada en el desarrollo del proyecto se basa principalmente en el método cuantitativo y cualitativo, toda vez, que se registran datos estadísticos en relación a resultados del diagnóstico y el análisis de la percepción de los estudiantes y docentes de la Universidad Tecnológica de la Selva.

Referencias bibliográficas

Para el desarrollo teórico y documental del estudio, es imprescindible contar con la utilización de diferentes fuentes de información de naturaleza primarias y secundarias, es por ello de la necesidad para realizar diagnósticos de detección de necesidades y requerimientos de apoyo e intervención para los diferentes procesos, procedimientos y áreas de las unidades económicas de producción y los negocios que son objeto de estudio de esta investigación, obviamente con el apoyo de herramientas e instrumentos de recolección de datos, según: Bravo Rojas, Leonidas Manuel; Valenzuela Muñoz, Alberto; Ramos Vera, Patricia María; Tejada Arana, Arístides Alfonso, en su obra: *Perspectiva teórica del diagnóstico organizacional*, Revista Latinoamericana de Gerencia, vol. 24, núm. 88, edición 2020; así como, Grados Jaime A., en su obra “Desarrollo de Negocios” Editorial Trillas, S.A.C.V. 2020, México; y *Aplicación Web para la Gestión de Servicios de Empresa (HayServis)*; memoria presentada por: Jorge Bordera abad 2019.

Por lo tanto, el estudio para la creación del sistema, permite lograr beneficios a las organizaciones que tengan la necesidad de recibir apoyo del sector académico, a través de los estudiantes y docentes, que busquen incrementar la productividad y competitividad; de acuerdo y en concordancia a las citas de Francisco Luis Geraldino Blas; con la obra intitulada: “Desarrollo de Sistemas de Información Web para las Empresas del Sector Productivo”; Editorial académica española, 5 agosto 2019 - 416 páginas.

Resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación se enfocan básicamente en la creación de una plataforma web, que incluye diferentes campos relacionados a registros de las empresas, aspectos generales, giro y/o sector empresarial al que pertenecen y las principales necesidades o requerimientos, lo cual permitirá identificar lo que necesita el sector productivo, con ello, brindarle atención a través de las actividades académicas que se desarrollan dentro de las Instituciones de Educación Superior.

El desarrollo de aplicaciones web nos permitirá mantener la vinculación del sector productivo y el sector académico, se busca un alto compromiso y relación directa en la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación, para coadyuvar con los diferentes procedimientos y procesos tradicionales en las organizaciones, los cuales hoy en día, se han sistematizado y digitalizado, para buscar mayor optimización y productividad de los recursos, de tal manera que con ello, mejoramos los tiempos y movimientos de las actividades, entregando resultados con mayor eficiencia y eficacia; lo que nos permite saber que el avance tecnológico que actualmente se está dando en la sociedad incide directamente en las actividades que se desarrollan dentro de las organizaciones, por ello nuestra investigación establece precisamente adecuarnos y adaptarnos a las nuevas necesidades que demanda hoy nuestra sociedad.

Resultados del Diagnóstico

Se visitaron empresas de diferentes sectores y giros comerciales en la localidad de Ocosingo, Chiapas; para conocer las diferentes necesidades y requerimientos; así como las opiniones acerca de la implementación de un sistema informático que permita mantener la vinculación entre el sector productivo y la academia.

Los sectores atendidos fueron:

Empresas del sector primario: Producción agrícola, pecuaria y forestales.

Empresas de transformación: Agroindustriales

Empresas del sector servicios: Prestadores de servicios turísticos, transporte y comercio.

Ver tabla 1. Clasificación y tipos de unidades económicas, se realizó el proceso de investigación a través de encuestas, para conocer el punto de vista de los empleadores y colaboradores en cuanto a la importancia de los procesos de capacitación y sus ventajas.

Sector Productivo del Municipio de Ocosingo, Chiapas

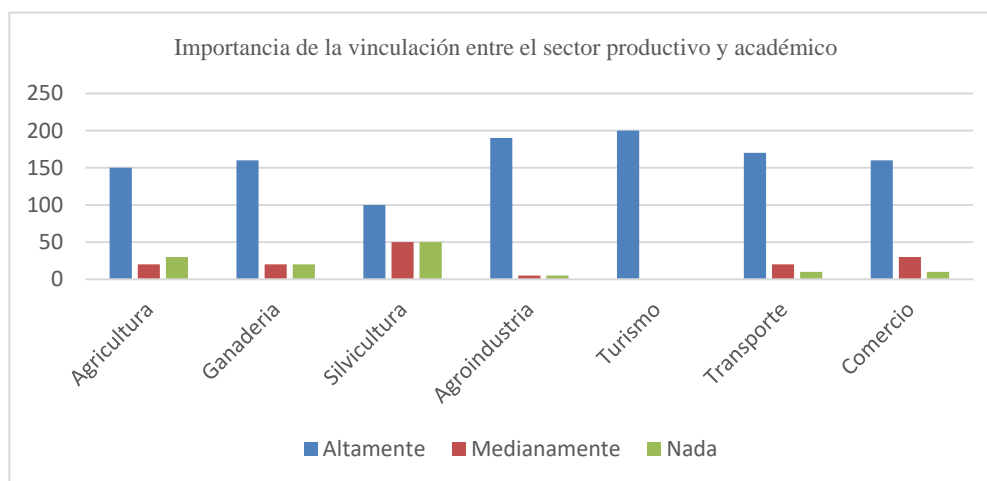
Sector	Subsector	Actividad
Primario	Agrícola	Producción de café orgánico
		Producción de miel
		Producción de cítricos
		Producción de verduras y hortalizas
		Producción maíz, sorgo y granos
	Ganadería	Producción de ganado bobino
		Producción de ganado porcino
		Producción de aves de corral
	Silvicultura y forestal	Viveros de producción de especies maderables.
Producción de árboles frutales		
Industria de la transformación	Agroindustria	Producción de quesos y productos lácteos
		Producción de café soluble
		Producción carnicos empacados
		Producción de frutas y verduras en escabeche
Servicios	Turismo	Agencias de viajes
		Restaurantes
		Hospedaje
		Centros ecoturísticos
	Transporte	Servicio de transporte colectivo
		Servicio de transporte de carga
		Servicio de taxis
	Comercio	Abarrotes
		Ropa y calzado
		Comunicaciones

Tabla 1. Clasificación y tipos de unidades económicas, del Municipio de Ocosingo, Chiapas, información propia del investigador, año 2023.

De esta forma se realizó el estudio a través de la evaluación en cada unidad económica para poder identificar la situación actual en cuanto a la opinión e importancia de la sistematización de los procesos integrales de las organizaciones, obteniendo los resultados que a continuación se presentan:

Pregunta 1:

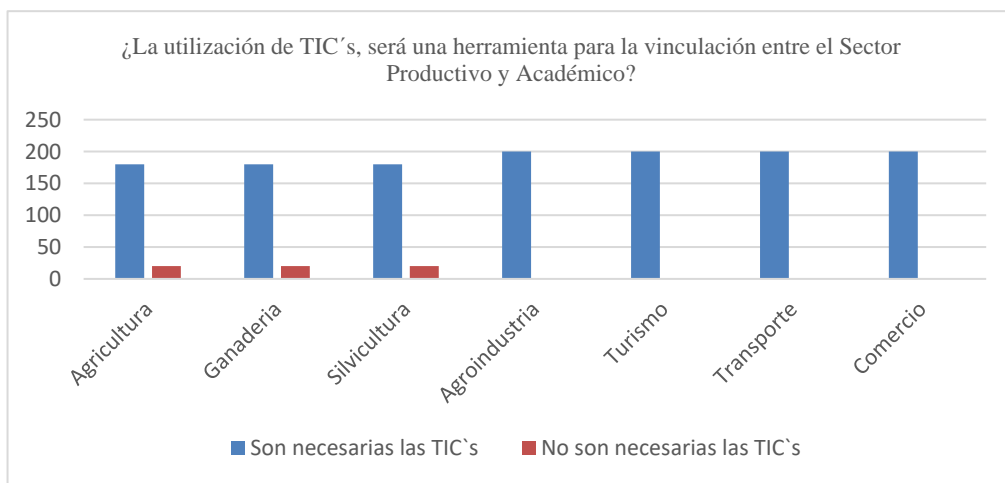
¿La vinculación entre el sector productivo y el sector académico, es importante para contribuir al mejoramiento de las actividades dentro de una empresa?



Gráfica 1. Resultados de la importancia de la vinculación entre el sector productivo y académico, en el Municipio de Ocosingo, Chiapas; 2023

Con lo anterior se identifica las percepciones y opiniones acerca de la importancia de los procesos de vinculación, se detectó que los sectores económicos primarios en una menor escala consideran que no es necesario establecer colaboración, sobre todo en las actividades de los aspectos técnicos, donde consideran que son actividades que conocen generacionalmente, mientras que en los sub-sectores agroindustriales, transporte, servicios y comercio, opinan que recibir apoyo de otras instituciones será fundamental para el mejoramiento de sus actividades para el logro de la productividad / competitividad de las empresas; por otro lado en función de la naturaleza de esta investigación se evaluó el impacto que generará la sistematización en las operaciones de las empresas seleccionadas, presentándose los resultados en la siguiente gráfica:

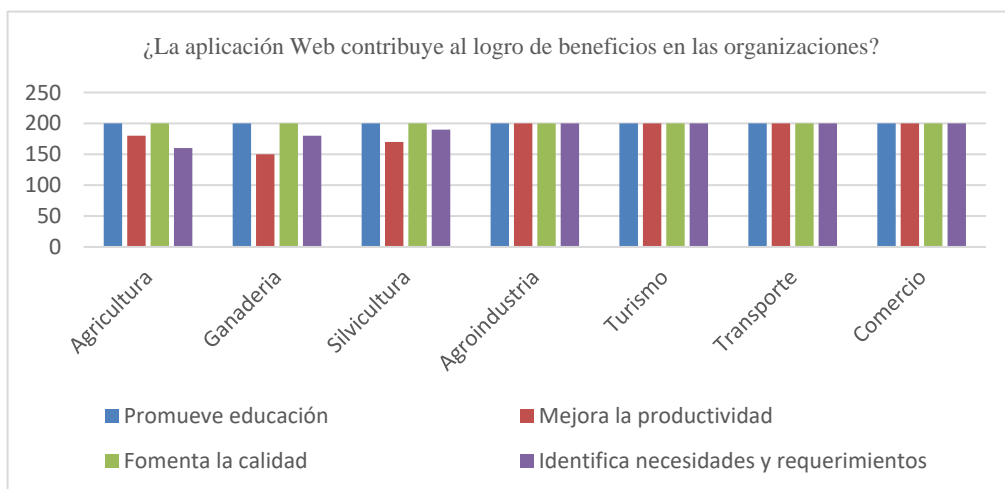
¿La vinculación entre el sector productivo y académico, se puede dar a través del uso de herramientas informáticas?



Gráfica 2. Resultados de la utilización de las TIC's para establecer procesos de vinculación entre los sectores productivos y académicos del Municipio de Ocosingo, Chiapas; 2023

En este caso, se aprecia en los resultados contundentes, donde todos los empleadores y colaboradores encuestados, afirman que los procesos integrales de vinculación entre el sector productivo y el sector académico, contribuirán en desarrollar la sistematización de la información para la toma de decisiones, logrando con ello maximizar de manera eficiente las funciones sustantivas de las organizaciones; por otro lado también fue necesario investigar a través de encuestas la opinión de los estudiantes cual sería el impacto que puede ofrecer la utilización de la aplicación web para la vinculación entre la Universidad y las Organizaciones, considerando todos, lo importante y necesario que sería; para ello se presenta la siguiente gráfica:

Los beneficios para las organizaciones, con la utilización de la aplicación Web



Gráfica 3. Resultados del impacto que ofrece la utilización de aplicaciones Web en las empresas del Municipio de Ocosingo, Chiapas; 2023

Estos resultados legitiman el beneficio en cuanto a impacto positivo económico y social que ofrece la utilización de herramientas tecnológicas en las empresas, cerciorándose que los aspectos enfocados a la identificación de necesidades y requerimientos, con el apoyo de la academia se puede contribuir en una mejor y mayor calidad de funcionamiento en las organizaciones.

Análisis

Los resultados obtenidos en esta investigación cobran relevancia porque nos permitió conocer de manera verdadera que los programas informáticos en cualquier tipo de organización contribuyen de manera significativa en las organizaciones, considerando que los beneficios se dan para las empresas, para los empleadores, para los empleados y por supuesto para los clientes consumidores de los productos y servicios que ahí se obtienen.

Esto significa que el proyecto de investigación contribuirá para que los propietarios de las empresas se concienticen en colaborar de manera directa con las Instituciones de Educación, para el desarrollo; asegurando mayor competitividad y productividad dentro de la misma.

Conclusiones

Hemos identificado que el desarrollo de aplicaciones informáticas, contribuirán con la generación de conocimientos que requieren las personas de las organizaciones, trabajadores y empleadores, como parte de los procesos de detección de necesidades, lo que implica que el personal que labora está cada vez más preparado con mayores habilidades y destrezas que generen mayores satisfacciones con expectativas de crecimiento y desarrollo por otro lado en el ámbito económico las empresas coinciden que la vinculación aumenta la productividad y con ello la competitividad obteniendo mayores posibilidades de éxito en el sector donde se desenvuelven.

Los resultados demuestran la necesidad que existe de Desarrollar soluciones tecnológicas mediante el uso de aplicaciones web, lo que conjugará en la vinculación del sector productivo y académico, por medio de la práctica de los conocimientos adquiridos en su quehacer académico mediante el desarrollo de trabajos colaborativos, proyectos integrales, lo que permitirá eficientar el trabajo conjunto con el sector.

Por medio de la aplicación web se realizara sistematización de procedimientos lo cual contribuirá en mejorar la eficiencia y flexibilidad en el trabajo conjunto, además del desarrollo de proyectos mas completos que atiendan las necesidades que deriven en potencializar los sectores de la región.

Limitaciones

Los obstáculos identificados durante la investigación; por un lado son de carácter técnico y de logística, es decir, la complejidad de abarcar toda la extensión territorial del Municipio de Ocosingo, Chiapas, es sumamente complicado por algunas situaciones de descontento social e inseguridad en la zona; por otro lado la poca vocación de empresarial que tienen los pequeños productores, comerciantes y prestadores de servicios; la utilización de técnicas y estrategias administrativas poco efectivas, falta de conocimientos y nula facilidad y atención en la prestación de servicios de calidad.

Recomendaciones

- ✓ Formular el plan integral de intervención de estudiantes y docentes para las organizaciones.
- ✓ Diseñar sistemas de gestión de la calidad para los sectores económicos.
- ✓ Establecer propuestas de mejora e innovación de los productos y servicios de las empresas.
- ✓ Realizar un plan integral de publicidad y mercadotecnia.
- ✓ Elaborar proyectos para la gestión de proyectos.
- ✓ Crear la red de colaboración de los establecimientos de diferentes sectores productivos.
- ✓ Continuidad de las fases en el desarrollo de la aplicación web
- ✓ Capacitación en recursos digitales a los sectores académicos y organizacionales
- ✓ Creación de convenios de colaboración con los distintos sectores productivos de la región

Referencias

- Bravo Rojas, Leonidas Manuel; Perspectiva teórica del diagnóstico organizacional, Revista Latinoamericana de Gerencia, vol. 24, núm. 88, edición 2020;
- Grados Jaime A., "Desarrollo de Negocios" Editorial Trillas, S.A.C.V. 2020, México;
- Jorge Bordera Abad; Aplicación Web para la Gestión de Servicios de Empresa (HayServis); 2019.
- Davis Keith, Newstrom John W.; Comportamiento de las Organizaciones; Editorial Mc Graw Hill, octava edición, 2020, México.
- Grados Jaime A., Capacitación y desarrollo de personal, Editorial Trillas, S.A. DE C.V. 2020, México.
- Reza Trosino Jesús Carlos, Diagnostico y Evaluación de las Organizaciones; Editorial Panorama, 2020, México.

- Robbin Stephen, Cloulter Mary; Administración 5/a edición, Editorial Prentice Hall, 2019, México.
- Stoner James, Freeman Edwards, Gilert Jr. Daniel; Administración 6/a edición, Editorial Prentice Hall, 2021, México.

Notas Biográficas

Mtro. José Francisco Pérez de la Cruz, es Profesor de la División de Administración de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo, Ingeniero en Sistemas Computacionales y Maestría en Informática Administrativa, reconocimiento del Merito Académico, Certificación ante en desarrollo de software, pertenece al grupo académico de investigación “Competitividad, Innovación y Desarrollo”, ha participación como ponente en congresos nacionales y ofrece servicios de consultoría y desarrollo de software para empresas e instituciones públicas..

Dra. Elizabeth Guadalupe Zepeda Trujillo, es Profesora de la División de Administración de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo. licenciada en Administración de Empresas por la Universidad Autónoma de Chiapas, Campus I, docente pertenece al grupo académico de investigación “Competitividad, Innovación y Desarrollo”; ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales, reconocida por su alto Desempeño Académico.

Dr. Miguel Ángel Aguilar Flores, es Profesor de la División de Administración de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo, licenciado en Administración de Empresas por la Universidad Autónoma de Chiapas, Maestría en Administración por el Instituto de Estudios Superiores de Chiapas, Doctorado Administración por la Universidad del Sureste, especialista en consultoría, Contralor Interno Municipal, pertenece a la Fundación Chiapanecos de verdad.

Mtra. María Eugenia Galindo Díaz, es Profesora de la División de Turismo y Gastronomía de la Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo, licenciada en Pedagogía, Facultad de Humanidades Campus VI, Maestría en Psicopedagogía por la Universidad del Sureste, reconocimiento del Merito Académico, Certificación ante CONOCER, pertenece al CA en Consolidación, participación como ponente en congresos nacionales e internacionales, autora y coautora en publicación de artículos y capítulos en libros...

Análisis de Falla de Stringer de un Avión Boeing 737 mediante la Caracterización de Materiales

Piña Gastelum Wildheimy¹, Camez Cardenas Neftali Zain², Dr. Benjamin Gonzalez Vizcarra³.

Resumen—El análisis de fallas en componentes estructurales en la rama de ingeniería es de suma importancia debido a que estos defectos provocan fallas en los mecanismos, por lo que es necesario conocer la causa para proporcionar una mejora. El artículo se basa en un stringer de un Boeing 737 que presentó elongaciones y fracturas. Se aplicaron las técnicas y normativas adecuadas con el fin de conocer la causa raíz de los defectos observados en el componente. Estas implican ensayos de inspección visual, metalografía, dureza y fractografía. A partir de este estudio, se llegó a la hipótesis de que los defectos observados fueron causados por un factor humano que contribuyó a una incorrecta colocación de la pieza, la cual se sometió a esfuerzos constantes, provocando un desgaste del material y su posterior fractura. En conclusión, se infiere que los efectos de elongación observados fueron causados por vibración, mientras que la fractura en la mitad de la pieza con un ángulo de 45 grados indica que fue ocasionada por esfuerzos concentrados y fatiga del material. A partir de este estudio, se llegó a la hipótesis de que los defectos observados fueron causados por un factor humano que contribuyó a una incorrecta colocación de la pieza, la cual se sometió a esfuerzos constantes, provocando un desgaste del material y su posterior fractura.

Palabras clave—Análisis de falla, Fractografía, Stringer de avión, Elongación.

Introducción

El stringer es un elemento longitudinal del conjunto potencia de las aeronaves, que está conectado con los nervios y los marcos de la piel ala o del fuselaje. El objetivo principal es la idea central de compresión y tensión. [1]

Dependiendo de la ubicación y el destino puede ser el aumento local de largueros, típico, a tope, y de cabecera. Bajo amplificación local se refiere a la ubicación de los largueros en los lugares donde la carga de enfoque, o en los bordes de los recortes en la propia carcasa. Las juntas a tope de las bandas se encuentran en la piel, el modelo proporciona una rigidez estructural coherente. [2]

El stringer que se estudiará en este documento es de un avión B737 -3TO, de aluminio 7075, que a diferencia de los otros stringers que se encuentran en el fuselaje del avión este sufrió daños en los remaches de elongación por vibración, así también sufre de una fractura en un extremo de la pieza, por lo cual, se requiere hacer un análisis de aplicación, metalúrgico y de caracterización de material de la pieza, para conocer la principal causa de estos daños y las posibles medidas de precaución en esta situación debido a que se está trabajando con una pieza de alta importancia ya que es implementada en una aeronave de uso comercial, el cual se puede observar en la figura 1, la cual muestra el avión en las condiciones que se encuentra junto con la parte de donde se extrajo la pieza.



Figura 1. Avión Boeing 737 a analizar.

¹ Piña Gastelum Wildheimy es Estudiante en la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana. wpina@uabc.edu.mx (autor correspondiente)

² Camez Cardenas N.Z es Estudiante en la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana. ncamez@uabc.edu.mx (autor correspondiente)

³ El Dr. Benjamin Gonzalez Vizcarra es profesor, en la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana bgonzalez79@uabc.edu.mx (Tutor)

Metodología

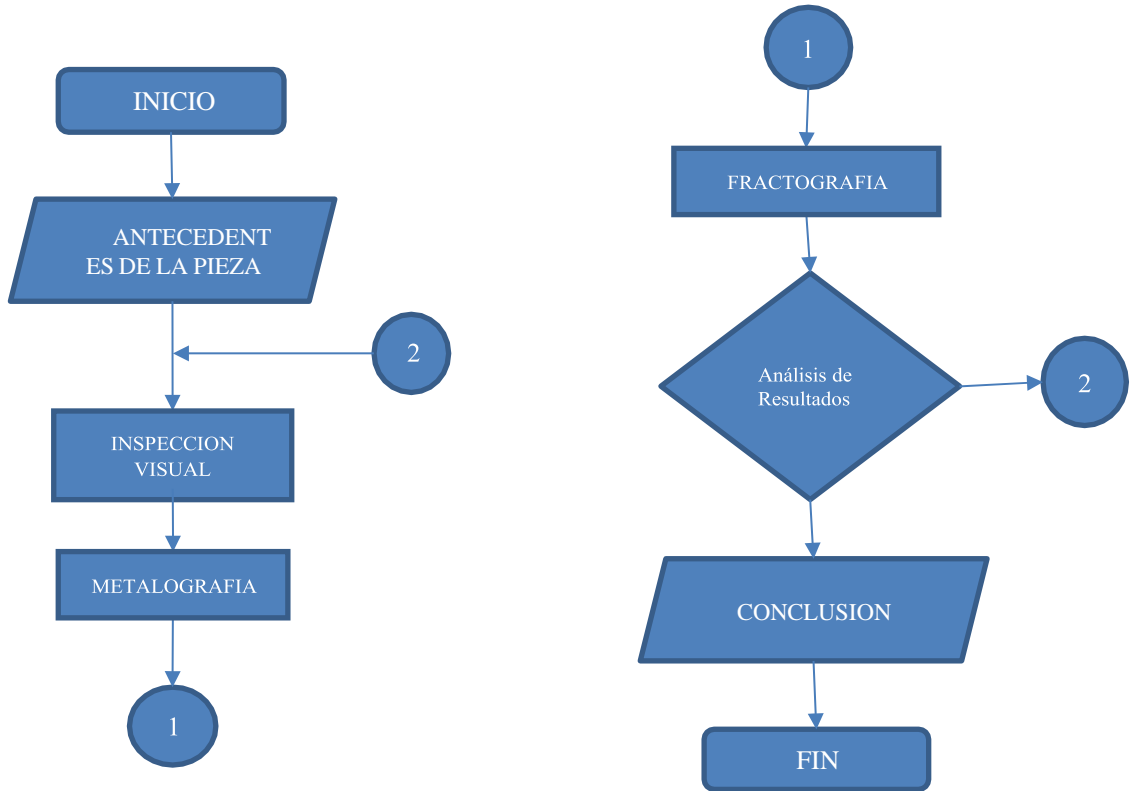


Diagrama 1. Metodología.

Resultados

Procedimiento Marco teórico

Los elementos estructurales de las aeronaves están diseñados para transportar una carga o para resistir esfuerzos. Al diseñar una aeronave, cada pulgada cuadrada de ala y fuselaje, cada costilla, larguero (El cual analizaremos en este artículo y se puede observar en la figura 2). e incluso cada accesorio de metal debe considerarse en relación con las características físicas del material del que está hecho. Cada parte de la aeronave debe planificarse para soportar la carga que se le impone. [3]

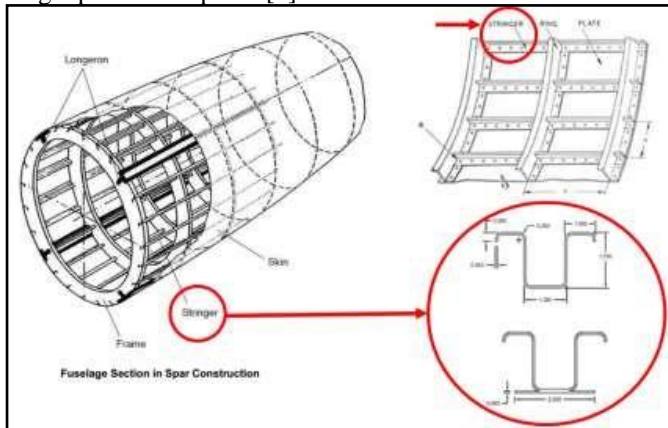
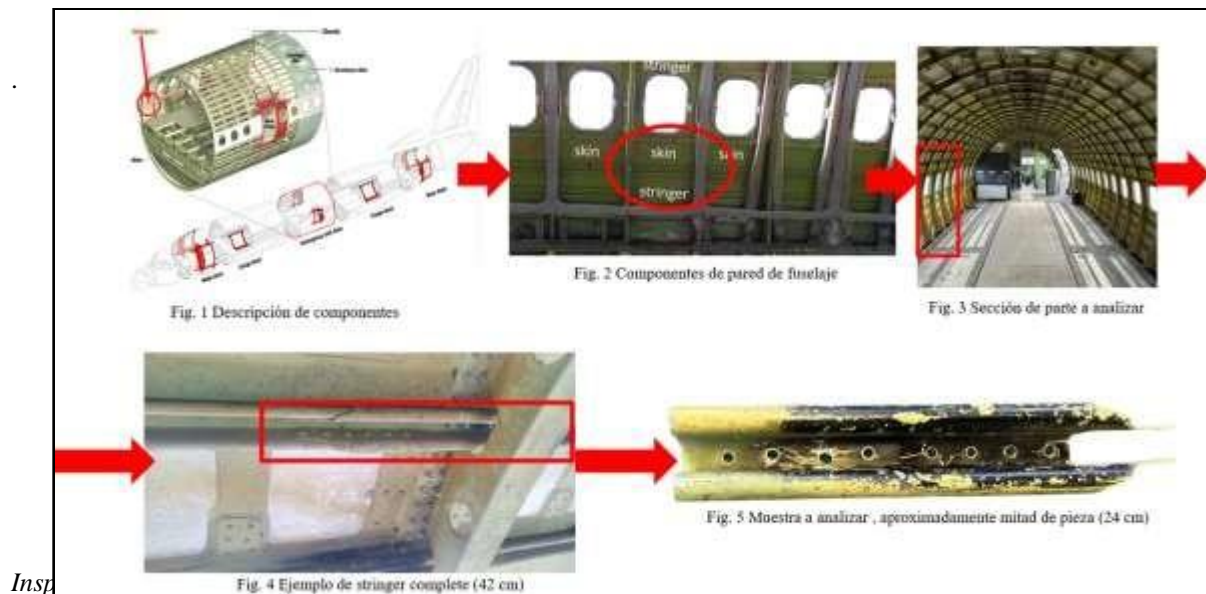


Figura 2. Descripción y medidas de Stringer.

Imágenes extraídas del documento 7AN6.3 MAINTENANCE OF AIRFRAME AND SYSTEMS DESIGN UNIT I&II.pdf

Para centrar la idea principal del componente a analizar, se realizó un mapa de la ubicación de la parte, es tá la podemos observar en la figura 3, la cual nos muestra desde la perspectiva general las partes de un avión comercial [4], haciendo énfasis en el componente stringer, desde cómo se tomó la pieza al interior del avión, brindando en contexto necesario para continuar con nuestro analizar.

Nota: La pieza que se analizará solamente se consiguió la mitad de esta, el antecedente nos lleva a que esta pieza es normalmente de 42 cm, sin embargo, la muestra que se tiene tiene 24 cm.



Inspección

En la inspección visual nos damos cuenta de los defectos y desgastes de la pieza a analizaren este caso en la figura 4 podemos notar a simple vista que la pieza fue desprendida aproximadamente a la mitad, de donde se sujeta y donde se somete a la mayor cantidad de esfuerzo, observamos que cuenta con elongación en ciertos barrenos, al igual que podemos observar la zona de ruptura la cual nos da indicios de la posible ca usa del desprendimiento.

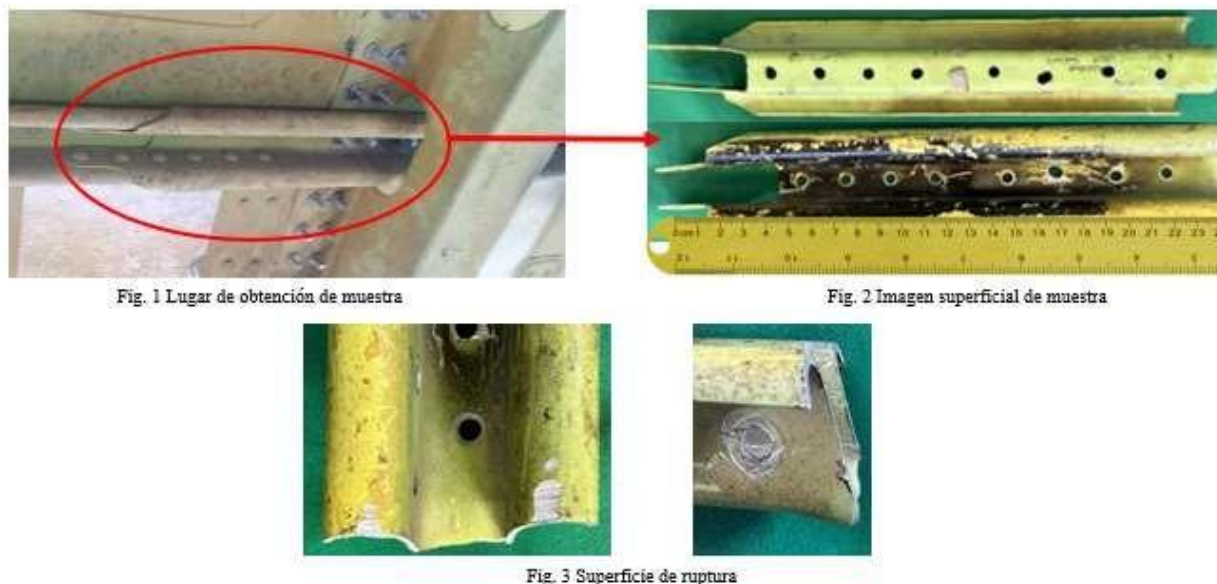


Figura 4. Inspección visual de pieza en general.

Al igual se puede observar que en la pieza cuenta con diversos barrenos con efecto de elongación, los cuales se pueden observar en la figura 5, son tres zonas las cuales tienen mayor impacto visual, lo que esta de color amarillo es la circunferencia correcta y la parte que esta señalada de color rojo es la elongación que presente.

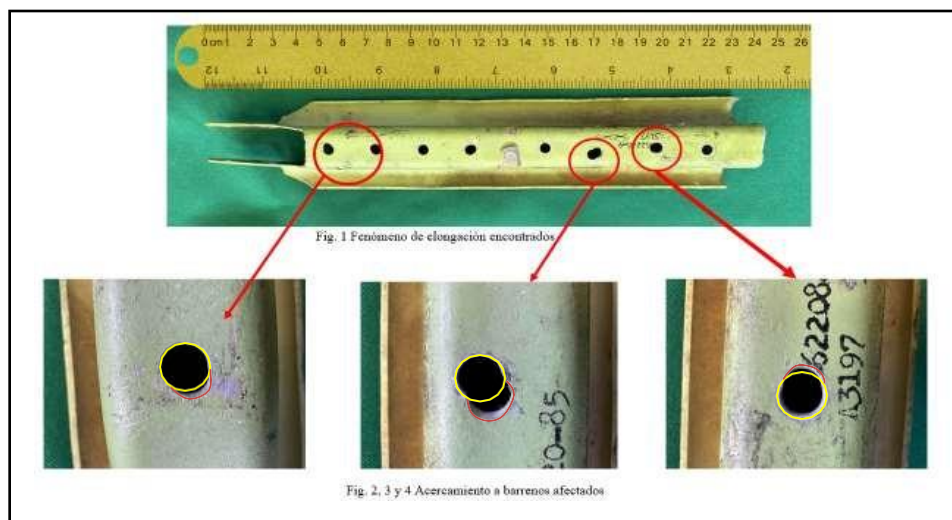


Figura 5. Acercamiento a barrenos con efecto de elongación.
Pruebas para realizar

Una vez con la inspección visual realizada, se requiere analizar a profundidad los defectos más notorios. Para esto se decidió tomar muestras, tanto de la estructura general; esto con la finalidad de conocer la eficiencia y propiedades del material, al igual de las zonas donde presenta mayor desgaste la pieza. El procedimiento que se utilizó fue:

- Identificar los defectos más notorios.
- Identificar zona de ruptura.
- Cortar y montar muestras de zonas afectadas para su análisis.
- Se realizaron 4 cortes a la pieza, dos de estos fueron en una zona alejada de la falla para hacer pruebas de metalografía y de dureza. También se hicieron dos cortes mas en las zonas afectadas, una de estas fue en la zona de ruptura (esto se hizo para ver la posible causa de esta misma), la otra fue en donde se encontraba el fenómeno de elongación en el barreno (esto para ver si la elongación fue por factor humano o de lo contrario por desgaste de la misma pieza).
- Realización de pruebas a muestras previamente cortadas.
- La primera prueba que se hará será metalografía, como lo establece la norma ASTM E-3, [5] esta se hará con una muestra montada en frío y pulida, la cual podemos observar en la figura 6. Para atacarla se utilizará el compuesto de Keller [6], ya que al ser aluminio se requiere de este mismo.

Figura 6. Metalografía de aluminio 7075



- La segunda prueba que se realizará a la muestra será la de dureza, en base a la norma ASTM E 18- 03 [8]. En la siguiente tabla nos muestra los valores obtenidos con el durómetro de rockwell, estos se hicieron en escala de HRA, a 60 kg, con un indentador de diamante, con estos parámetros lo convertimos a escala BRINELL, estos valores se puede apreciar en la tabla 1. [9][10]

Tabla de valores de Dureza obtenidos		
N. de prueba	Dureza HRA obtenida	DUREZA BRINELL
1	53	142
2	56	157
3	55	154
4	54	148
5	53	142
Promedio	54.2	148.6

Tabla 1. Resultados de Dureza.

- La tercer y última prueba (Fractografía), Se decidió hacerle un análisis fractografico a la zona de ruptura, la cual se puede observar en la figura 6, se muestra un acercamiento a la zona de ruptura, la cual esta a 45 grados, esto nos indica que fue por fatiga del material debido a la concentración

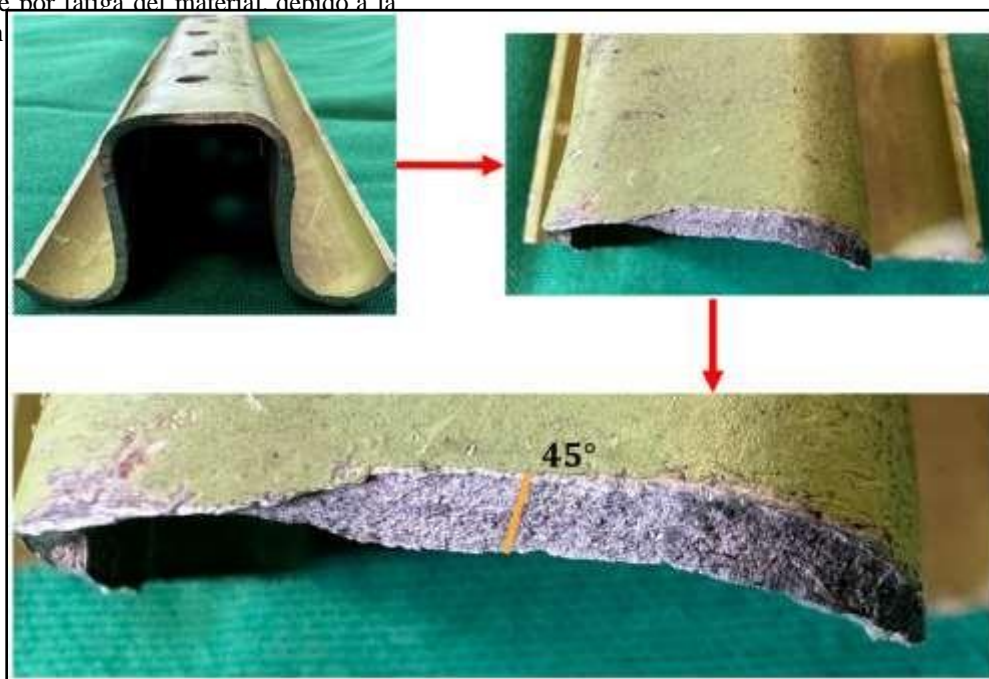


Figura 6. Acercamiento en zona de ruptura.

Análisis de resultados

De la inspección visual, se logra apreciar una zona de fractura, la cual se presenta aproximadamente a la mitad de la pieza original, esto nos lleva a intuir que esta se fracturo por fatiga en la zona donde se concentran los esfuerzos, también se pude apreciar que ciertos barreros presentan el fenómeno de elongación, estos por su forma, dan a pensar que fue por una mala operación por parte del técnico de mantenimiento al momento de ensamblarla con remaches.

Con respecto a la metalografía, los resultados obtenidos las imágenes obtenidas las cuales nos indican que las partículas de color gris claro y morfología poligonal corresponden a compuestos Inter metálicos ricos en Fe, fundamentalmente Al_7Cu_2Fe , mientras que las agrupaciones de pequeñas partículas globulares de tonalidad oscura corresponden al compuesto Mg_2Si . La presencia de una gran cantidad de dispersiones dificulta el proceso de recristalización, lo que explica el aspecto alargado de los granos. [7]

La dureza obtenida coincide con la información obtenida de diversas fichas técnicas de este aluminio, lo cual nos indica que el aluminio utilizado para este stringer en verdad tenía los estándares de calidad.

Conclusiones

Podemos concluir con las marcas observadas en el microscopio que la causa de la falla de esta pieza fue por fatiga, debido a que fue aproximadamente a la mitad donde ocurrió la fractura y en esta zona es donde se concentran los esfuerzos. Por la parte de elongaciones se pueden observar los diversos barrenos que cuentan con este fenómeno, esto se le atribuye principalmente al momento de colocar los remaches, ya que por la deformación que presentación se aprecia que fue parte de un esfuerzo y no por fatiga como se esperaba.

Limitaciones

Las limitaciones que se presentan en este artículo principalmente fue el estado de esta, ya que se encontraba golpeada de la zona de fractura, esto nos complicó para hacer el análisis, debido a que se nos dificultó el análisis en el microscopio. Por lo que se recomienda mas cuidado al momento de manipular la pieza, cuidando siempre las zonas de fractura donde se requiera analizar.

Referencias

- [1] aviones Stringer. Ala de avión autónomo. (s. f.-b). <https://avia-es.com/blog/stringer>
- [2] Skin stringers-in-an aircraft. (s. f.). <https://www.slideshare.net/subhan90/skin-stringersinanaircraft-56785765>
- [3] SCHOOL OF AERONAUTICS (NEEMRANA). (s. f.). MAINTENANCE OF AIRFRAME AND SYSTEMS DESIGN UNIT I&II: Vol.UNIT I (1.a ed.). <https://soaneemrana.org/onewebmedia/7AN6.3%20MAINTENANCE%20OF%20AIRFRAME%20AND%20SYSTEMS%20DESIGN%20UNIT%20I&II.pdf>
- [4] Nelson, J. (s. f.). The Washington Post: jetliner fuselage construction. <https://www.nerdyloirrin.net/jerry/politics/Boeing/BigGraphic-PassengerJetAirframe.html>
- [5] Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. (s. f.). <https://www.astm.org/e0003-11r17.html>
- [6] CONSULTAR LIBRO DEL PROFE
- [7] Universidad Complutense Madrid [UCM]. (s. f.). 7075. Proyecto de Innovación Atlas Metalográfico. Recuperado 15 de mayo de 2023, de <https://www.ucm.es/atlasmetalografico/alznmgu>
- [8] Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials. (s. f.). <https://www.astm.org/e0018-03.html>
- [9] KANSERT. (s. f.). TABLAS DE CONVERSIÓN DE DUREZAS. kansert.es. Recuperado 15 de mayo de 2023, de <https://kansert.es/mme/catalogos/Tablas%20conversi%C3%B3n%20dureza.pdf>
- [10] Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness. (s. f.). <https://www.astm.org/e0140-97e02.html>
- [11] ASM Material Data Sheet. (s. f.-b). <https://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma7075t6>
- [12] (S/f). Webaero.net. Recuperado el 7 de junio de 2023, http://www.webaero.net/ingenieria/estructuras/metallica/bibliografia_documentacion/itea/TOMO3.pdf
- [13] Metalurgia para No Metalúrgicos (Hierros). (s/f). Scribd. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://es.scribd.com/document/249068230/Metalurgia-Para-No-Metalurgicos-Hierros>
- [14] Metalurgia, L. (s/f). CAPÍTULO 2: LA METALURGIA O LA CIENCIA Y EL ARTE DE LOS METALES 2.1. INTRODUCCIÓN. Usach.cl. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://www.metalurgia.usach.cl/sites/metalurgia/files/documentos/capitulo02metalurgia.docx.pdf>
- [15] González, M. (2021, 10 de julio). Métodos de caracterización de materiales metálicos. Recuperado de <http://www.ejemplodepagina.com/metodos-caracterizacion-materiales-metalicos>
- [16] VARGAS-RODRÍGUEZ, Y. M., et. al. Caracterización espectroscópica, química, morfológica y propiedades superficiales de una montmorillonita mexicana. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 25 (1)134-144. 2008.

Apéndice

1. *¿Por que hay barrenos con efectos de elongacion?*
2. *¿Cuanta dureza presenta el aluminio 7075?*
3. *¿Cual es la impoortancia de un stringer?*
4. *¿Con que método de caracterización podemos conocer la causa de los defectos mostrados?*
5. *¿Qué resultados nos arroja la metalografía de este aluminio?*
6. *¿Cuál es el motivo de la ruptura de este componente?*
7. *¿Con que químico podemos atacar el aluminio 7075?*
8. *¿Cuál es el factor por que fallo este componente?*

Agradecimiento

Se agradece al CA de "Optimización de sistemas mecánicos" con apoyo de los proyectos de la Convocatoria Interna de Proyectos sin financiamiento 351/2845 Diseño y manufactura de un sistema vending de la Universidad Autónoma de Baja California, Dr. Benjamín González Vizcarra, M en C Ana Maria Castañeda, Dr Alberto Delgado Hernández, M.C. José Navarro Torres y M en E, M. en E. Miguel Ángel Ávila Puc. En agradecimiento al Ing. Francisco Cintora Cota por brindarnos acceso a la pieza estudiada.

Panorama Global de la Implementación de BIM (Building Information Modeling)

Poó Rubio Aurora Minna¹, Bustos Álvarez Moisés²

Resumen: Según “U.S. National Information Modeling Standard (NBIMS-US) Estándar Nacional de Modelado de Información de Construcción de los EE. UU.), Building Information Modeling (BIM) es el acto de crear un modelo electrónico de una instalación con el propósito de visualización, análisis de ingeniería, análisis de conflictos, verificación de criterios de código, ingeniería de costos, producto as-built, presupuesto y muchos otros propósitos “. BIM es trabajo digital colaborativo interoperable para el uso de información coordinada de la geometría de las características físicas y funcionales de una edificación o una obra de ingeniería civil para facilitar la toma de decisiones. El objetivo fue hacer una investigación acerca de la implementación de BIM en los principales países que aplican esta metodología. Evidentemente no se pueden estudiar todos aquellos que están en este camino, pero se seleccionaron los más importantes por su desarrollo e impacto en el sector de la Construcción en cada región.

Palabras clave: BIM Building Information Modeling, implementación

Introducción

Europa ha sido la región de vanguardia en cuanto a BIM, con el Reino Unido y los países nórdicos al frente de los cambios. Cuenta con el mayor número de políticas y prácticas para el sector de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación (AECO), por su espíritu innovador. Se ha preocupado por la gestión y la eficiencia de los proyectos de construcción, de los tiempos de ejecución de los trabajos, de los costos y de la preocupación en limitar los desperdicios (*Lean Construction*) en un ambiente digital.

En 2014 el Parlamento de la Unión Europea solicitó a los países integrantes de la comunidad que atendieran la problemática del sector AECO y uniformaran los criterios entonces prevalecientes en las distintas naciones con objeto de unificar y modernizar las normas y especificaciones de las licitaciones y los contratos de la obra pública mediante medios electrónicos para mejorar, agilizar y controlar los procesos.

También nació *EUBIM TaskGroup* cuya visión es conjuntar los esfuerzos de cada nación en un conjunto común y alineado paneuropeo de las mejores prácticas en BIM, en un acercamiento de la Unión Europea para llegar a tener un sector de la construcción digital de clase mundial. El grupo es un proyecto de la *European Commission* en el que participan muchos países de la Unión Europea, liderado por el *UK Government's Department for Business, Innovation & Skills* (BSI) con la colaboración de numerosos países, cofinanciado por la Comisión Europea y por los estados miembros participantes. Representa los intereses de los actores públicos respecto de BIM ante las organizaciones nacionales e internacionales de estándares como la *International Standardization Organization* (ISO) y la *European Committee for Standardization* (CEN). No genera nuevos estándares, únicamente desarrolla guías prácticas para consultores y proveedores de la industria, en cuanto a su introducción en BIM.

Metodología

Por medio de los Seminarios Internacionales BIM coordinados por los autores se tiene un acercamiento tanto a las oficinas como a las personas responsables de la implementación de BIM en los diferentes países, por su conducto y también a través de las correspondientes páginas de internet de las instituciones responsables se ha accedido a un amplio catálogo de documentos oficiales que han sido consultados y han sido la base de este estudio.

Metodología

Procedimiento

Por medio de los Seminarios Internacionales BIM coordinados por los autores se tiene un acercamiento tanto a las instituciones y oficinas como a las personas responsables de la implementación de BIM en los diferentes países, por su conducto y también a través de las correspondientes páginas de internet de las instituciones responsables se ha accedido a un amplio catálogo de documentos oficiales que se han consultado y han sido la base de este estudio.

Análisis

BIM surgió en el Reino Unido después de analizar las condiciones del sector de la construcción y percatarse de que tenían muchas insuficiencias, evidenciando que los costos de los proyectos eran muy elevados y pocas veces se cumplían los tiempos de entrega, con grave perjuicio para los clientes. El gobierno

¹ pram@azc.uam.mx ORCID 0000 0001 7770

² bam@azc.uam.mx ORCID 0000 0001 79299524

quería mejorar esta situación. En 2008, la crisis financiera mundial hizo imperantes los cambios. El sector público tenía problemas financieros y era necesario que las inversiones en proyectos fuesen rentables. Para el año 2009, el informe *Construction Excellence* identificó algunos de los problemas clave de la industria de la construcción en el Reino Unido y reveló que el sector cometía sistemáticamente errores importantes. Entre ellos, destacaba principalmente el no cumplimiento de tiempos en los programas de obra y en los costos de construcción, lo que hacía que ambos parámetros fueran altamente impredecibles. Esto ocasionó que el gobierno del Reino Unido estableciera una estrategia de adopción de BIM gradual pero obligatoria a partir de diferentes niveles de madurez de esta metodología, con el fin de asegurar su correcta implementación en proyectos y empresas.

En 2011 el gobierno emitió la *Construction Strategy*, para responder a las cambiantes necesidades del sector AECO. Actualmente el Reino Unido es vanguardia en la implementación de BIM. Se creó la organización NBS (*National Building Specifications*); ha generado las NBS (*National Building Specifications*) como un conjunto de especificaciones de la construcción para ser empleado por profesionales del sector para describir los distintos insumos y estándares de los proyectos de construcción. Este documento, que fue elaborado en 1973, ha tenido una gran aceptación en la industria AECO, siendo utilizado de manera sistemática en muchas firmas e instituciones. Al presente todas las licitaciones de los proyectos de la obra pública deben estar en el Nivel 2 de BIM.

En Francia, en 2014 se inició el Plan de Transición Digital en la Edificación (*Plan Transition Numerique dans le Bâtiment*) del gobierno francés, que planeaba para 2022 la implementación de la estrategia BIM para la gestión y el diseño tanto de la obra pública como de la obra privada, especialmente las de grandes dimensiones, con un financiamiento de 20 millones de euros para el desarrollo digital de la construcción. Se involucró tanto a las instituciones como a las empresas con objeto de crear una normativa al respecto. La versión 2023 de la *Guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage* (Guía de recomendaciones para la construcción) es la norma hoy en día, es una guía práctica para dirigir la operación de los proyectos en el entorno BIM, enfocado a los profesionales del sector AECO. Al presente, el Plan BIM se mantiene actualizado y una versión renovada e ilustrada con sus anexos, está en preparación. Dentro de este marco, se iniciaron proyectos importantes de obras públicas y de infraestructura con la aplicación inmediata de BIM, incluidas 500 mil viviendas nuevas. El mayor proyecto europeo de infraestructura con la metodología BIM es el *Grand Paris Express*, referente a la red ferroviaria de casi 200 km de redes metropolitanas y ferroviarias de alta velocidad con 68 estaciones dentro de la *Ile de France* de París.

Alemania, desde 2015 ha creado políticas públicas para la digitalización de los procesos de manera obligatoria para el desarrollo del sector AECO. La implementación de la metodología BIM está en el documento "*Stufenplan Digitale Planen und Bauen*", publicado en ese año por el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital y redactado por *Planen & Bauen 4.0*, empresa que asesora al ministerio en cuestiones relacionadas con BIM y que cuenta con representantes de diversas federaciones sectoriales, colegios profesionales y otras asociaciones de la industria de la construcción en Alemania para coordinar y acelerar la implementación de BIM por medio de una plataforma nacional y un centro de alta especialidad que coordina la investigación BIM, la estandarización y la implementación en el mercado. En 2015, *Planen-bauen 4.0* desarrolló la hoja de ruta estratégica para el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital de Alemania, con la colaboración de asociaciones y clusters, para exigir BIM en todos los proyectos de infraestructura y edificación a partir de 2020. Un concepto fundamental en esta estrategia es el uso y el posterior desarrollo de estándares de datos abiertos, así como la definición transparente de los requisitos de datos en los procesos de licitación de proyectos. Desde 2020, BIM se estableció como metodología obligatoria para los proyectos públicos de infraestructura y transporte. Se han realizado proyectos piloto con objeto de evidenciar las ventajas de los entornos BIM, el principal es el túnel **Rastatt**, sección clave de la conexión ferroviaria entre Karlsruhe y Basilea, con un presupuesto de 450 millones de euros. Otro proyecto importante es también el llamado *Futurium Berlin*, de colaboración público-privada que consta de un área de 8,000 m² con un presupuesto de 58 millones de euros.

En España, el uso de BIM comenzó a partir de 2010, con la Directiva de Contratación Pública que diseñó una serie de estrategias gubernamentales para su implementación. Así, las empresas del sector (firmas constructoras y despachos de arquitectura e ingeniería) deben utilizarlo en grandes proyectos nacionales e internacionales, especialmente los que se llevan a cabo en países de Oriente Medio, Estados Unidos y del norte de Europa. El gobierno ha emitido Normas y Guías BIM, así como licitaciones públicas con requisitos BIM. Para dar continuidad a dichos trabajos, el gobierno de España creó la Comisión esBIM, a cargo del Ministerio de Fomento, para desarrollar propuestas y la revisión de la Ley de Contratos del Sector Público. Esta Comisión, forma parte del grupo de trabajo EUBIM a nivel europeo, un grupo cofinanciado por la Comisión Europea y por los estados miembros participantes. Allí han desarrollado el "Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo",

documento que pretende establecer las bases para la introducción de la metodología BIM en las empresas públicas. Posteriormente, se crearon la Comisión BIM y el Observatorio de Licitaciones BIM del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, con lo que se han aumentado las licitaciones públicas con BIM. Asimismo, España desarrolló el Plan de Digitalización 2025.

En la década de los 70s Estados Unidos fue el pionero en implementar, desarrollar y adoptar BIM, en proyectos públicos superiores a 5 millones de US dólares. La primera publicación al respecto fue en 1974 de Charles A. Eastman, “*An outline of the building description system*”, (Un esquema del sistema de descripción del edificio) producto de una investigación llevada a cabo en la Carnegie-Mellon University en Pittsburgh, con la descripción del modelo virtual de un edificio. La “*International Alliance for Interoperability (IAI)*, (Alianza Internacional por la Interoperabilidad) fue fundada por AUTODESK en 1994 para diseñar un conjunto de clases definidas en lenguaje de programación (object classes) para soportar el desarrollo de aplicaciones integradas de carácter neutral. Desde 2005 su nombre es *buildingSMART*“, y su sede actual está en Londres.

Al presente, la digitalización de los procesos de construcción en los Estados Unidos ha ganado impulso gracias a dos aspectos: la estandarización y el trabajo colaborativo, que han permitido un mayor progreso en la productividad en la construcción. Esto no ha sido uniforme por su pluralidad geopolítica y grandes disparidades en el sector AECO. Utilizan BIM para la ejecución de los proyectos, principalmente los relativos a las obras públicas, infraestructura y transporte en los distintos niveles de gobierno. El ejército ha desarrollado sus propios estándares BIM, como el COBLE³, para el mantenimiento de la infraestructura y que ha sido adoptado a nivel mundial. En los últimos 10 años se han hecho esfuerzos para la implementación de BIM en el sector privado basados en la estandarización y colaboración, buscando el incremento del ROI (*Return on Investments*), la tasa de retorno de la inversión en los negocios inmobiliarios y de infraestructura, tanto para los propietarios de los negocios, como para los contratistas, las empresas consultoras y para las mismas autoridades aunque a la fecha el uso de la metodología BIM todavía no es obligatorio en todos los estados. El *National Institute of Building Sciences (NIBS)* tiene como objetivo la difusión de BIM en Estados Unidos, así como identificar y armonizar la problemática que se presenta al respecto. Ha desarrollado un estudio de todo el proceso constructivo con el empleo de un modelo de información estandarizado.

En el medio académico, Estados Unidos ha contribuido de manera sustancial con la Metodología BIM a través de los trabajos de la *Penn State University* (Universidad de Pensilvania). En esta Universidad está la oficina de *BIM Planning* que, como parte del grupo de investigación en *Computer Integrated Construction Research*, ha desarrollado y difundido diferentes publicaciones acerca de procesos estructurados para planear e implementar BIM tanto en los proyectos como en las organizaciones, las que actualmente son guías rectoras de los procesos BIM en el medio profesional AECO y también en la implementación de BIM en numerosos países.

En Latinoamérica, la implementación de BIM y los procesos digitales se iniciaron después de los países europeos y de manera más lenta que en Norteamérica, sin embargo, hay notables esfuerzos para mejorar y acelerar su divulgación. Para su aplicación especialmente en la obra pública de los países latinoamericanos se creó la RED BIM GOB LATAM. Aunque los trabajos de la Red iniciaron desde 2016 y 2017, la integración formal se dio en 2019 al ser financiada con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con representantes del sector público de países de América Latina y el Caribe. Actualmente pertenecen a la Red, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay y se cuenta con soporte y cofinanciamiento del BID. Se otorgó un apoyo denominado Bien Público Regional (BPR) con un plazo de 3 años de diciembre 2019 a diciembre 2022, con extensión hasta diciembre de 2023. Adicionalmente, los países miembros aportan recursos en especie, equivalente al 50% del monto asignado, en forma de personal, equipamiento y relaciones interinstitucionales. Tiene como objetivo aumentar la productividad del sector AECO basada en la transformación digital con programas nacionales de implementación BIM por medio de un trabajo colaborativo con directrices comunes, intercambio comercial y fortalecimiento de las relaciones entre los países de la región.

El gobierno de Argentina ha implementado BIM por conducto del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Planificación en coordinación con diversas oficinas públicas y de la iniciativa privada. Se creó el Plan SIBIM (Sistema de Implementación BIM) y tiene como objetivo desarrollar un conjunto ordenado de principios, guías y procedimientos para instituir y regular una metodología de trabajo en el uso de los procesos BIM. La implementación

1) ³ *Guía y estándares para el desarrollo gráfico del proyecto. Documentos sobre práctica profesional. Publicado en agosto 2017.*

de BIM se inició en 2018 con objetivos a 2023. Argentina busca su adopción obligatoria para 2025 en toda la obra pública. Las políticas públicas del gobierno que llevaron al programa SIBIM a establecer proyectos piloto, normas técnicas, políticas de capacitación están en pleno desarrollo. Por medio de SIBIM, Argentina ha llevado la metodología a distintas áreas de la administración pública, para hacer más transparente, participativa y eficiente la obra pública del país. Busca desarrollar un conjunto ordenado de principios, lineamientos y procedimientos para regular y establecer una metodología de trabajo, estudiar alternativas que promuevan el alineamiento nacional con relación a la eficiencia en la gestión de la información, calidad en las obras públicas, inclusión y neutralidad en el uso de las tecnologías y generar referencias para expandir el uso de BIM en Argentina.

En Chile se ha creado el Plan BIM que es una iniciativa a 10 años, iniciada en 2015, que tiene como una de sus metas la utilización de la metodología BIM para el desarrollo y la operación de proyectos de edificación e infraestructura pública al año 2020 y más adelante. El Plan tiene como objetivo incrementar la productividad y sustentabilidad de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de la información y comunicaciones que promuevan su modernización a lo largo de todo el ciclo de vida de las obras. Este programa es impulsado por el Programa Estratégico “*Construye 2025*” de Corfo. (González, 2022). Plan BIM Chile busca: Mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos en todo su ciclo de vida, aumentar la productividad y competitividad de la industria de la construcción, reducir costos, plazos e ineficiencias en todo el ciclo de vida de los proyectos, aumentar la trazabilidad y transparencia de la información referente a los proyectos, fomentar una industria colaborativa y el uso de estándares comunes, asegurar el cumplimiento normativo y reducir los tiempos de aprobación de permisos de construcción, proveer mejores herramientas para la participación ciudadana en los proyectos y mejorar la predictibilidad y control de costos y plazos en la etapa de construcción. Chile comenzó en 2016 con el planteamiento de la hoja de ruta de Plan BIM al 2020, en la que se propusieron una serie de metas y estrategias para programar y asegurar su cumplimiento.

En México, la obra pública es muy relevante para la industria de la construcción y una de las prioridades del gobierno ha sido impulsar la infraestructura pública por el gran impacto que tiene en el crecimiento económico y desarrollo del país. Se considera que con la implementación de MIC⁴ se podrá desarrollar infraestructura de una manera más eficiente, controlar los costos y sobrecostos y que el gobierno, los contratistas y demás agentes implicados en la materia trabajen en forma colaborativa y con mejores resultados. Desde 2013, México recibió del Reino Unido el informe “*Estrategia BIM para México*” con una serie de recomendaciones para los objetivos, metas y actores: a) Concentrarse en casos específicos con el uso de BIM, los cuales ofrezcan beneficio inmediato a los usuarios y a los clientes y que fomenten una adopción más extendida, b) El contenido de la estrategia del BIM debe considerar tecnología, proceso y cultura, c) La estrategia del BIM debe atender los intereses y las necesidades específicas de los clientes y proveedores, d) Crear una organización para el trabajo colaborativo. Deben desarrollarse procesos y normas para facilitar un mejor intercambio de información por parte de equipos de proyectos, así como aumentar la productividad de la industria, d) Los clientes del sector público deben planear y desarrollar con anticipación las habilidades para definir y usar los datos que se tienen en BIM, e) La implementación de la estrategia BIM debe ser una consideración principal; las recomendaciones deben ser asequibles y, f) Una estrategia de BIM para México debe realizarse en fases, lo que permite tener tiempo suficiente para el desarrollo de habilidades, capacidades y procesos para que pueda alcanzarse el completo potencial de BIM. La Estrategia implica una aplicación progresiva. El planteamiento original fue en 2019 con el supuesto de tener 8 años para su aplicación, iniciando con proyectos piloto en ese año y poder analizar procesos, realizar cambios y ajustar el marco normativo para que la metodología fuese obligatoria. Posteriormente se realizarían cambios legales y se generarían estándares (Serrano, 2021). Actualmente en el país no existe el mandato de obligatoriedad del uso de BIM, pero algunas instituciones lo han utilizado como en hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), se estaba empleando en el cancelado Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM), y también contratistas lo han aplicado en proyectos gubernamentales por iniciativa propia. La implementación de BIM también se ha dado como decisiones particulares en la obra privada.

Resultados

En este estudio se evidenció una gran disparidad global en la implementación de BIM. En el ámbito internacional, hay acuerdo de que en cada país se tiene que mejorar el sector AECO, especialmente en lo que se refiere a la obra pública, con objeto de hacer menos inciertos los costos finales de las obras, así como sus plazos de entrega, tanto de edificación como de infraestructura. Es relevante la opinión generalizada de que debe existir mayor

⁴ En México se ha traducido el nombre de BIM como el Modelado de Información de la Construcción (MIC) y este nombre y sus iniciales son los que se utilizan de manera oficial en el país.

transparencia en el uso de los recursos de todo tipo, especialmente los financieros, ya que en el sector todas las inversiones requieren gran cantidad de recursos que cada vez son más escasos.

Derivado del consenso global, los gobiernos de muchos países se han esforzado en hacer más eficientes los recursos en cuanto a la construcción y la infraestructura, es decir, utilizar la misma inversión para construir más y mejor por lo que han procurado implementar la metodología BIM para robustecer los procesos actuales de los proyectos, desde la etapa de diseño y construcción hasta la operación y mantenimiento de los activos. Esta no ha sido tarea únicamente del sector público, la obra privada tiene los mismos retos, tanto como proveedora y ejecutora de las obras públicas, y como responsable ante los clientes privados. La colaboración del sector público y del privado más la academia facilita la dispersión del conocimiento y en conjunto se pretende aumentar la productividad y eficiencia del sector AECO, con el aprovechamiento de los avances tecnológicos actuales, en beneficio de la sociedad en su conjunto.

Conclusiones

En México todavía es insuficiente la digitalización. En este contexto, BIM ha sido el vehículo para responder a las necesidades del sector AECO a través de diversas plataformas y establecer flujos de trabajo coordinados, de manera independiente del lugar, asincronía del trabajo y participación de los distintos actores que intervienen en un proyecto.

Para adecuarse al impulso de la transformación digital en el sector, resulta fundamental contar con el conocimiento específicos y hablar un mismo lenguaje. Por eso, cada vez más empresas y universidades en distintos países han lanzado programas relacionados con la metodología BIM. Sin embargo, hay alcance limitado en las líneas que permiten trabajar de forma colaborativa real e incorporando diferentes softwares y herramientas

El medio profesional de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación (AECO) requiere cada vez más profesionistas capacitados en BIM, lo que representa un reto para las Universidades y para el sector, especialmente en momentos como los actuales de alta inflación y fuertes limitaciones económicas. También hay que considerar que existen gran diversidad de plataformas de software no únicamente de modelado, sino también de coordinación, planeación y control presupuestal y de programación de obra. Por los anteriores motivos, tanto el ambiente internacional, como nuestro país demandan profesionistas que sean capaces de organizar flujos de trabajo multiplataforma, conocedores de los procesos que prevalecen en el ciclo de vida de una construcción.

En conclusión, globalmente hay una gran ventana de oportunidad para tener no una estrategia común acerca de la introducción de BIM en los distintos países, sino estrategias similares adecuadas a cada lugar. Los gobiernos y las organizaciones del sector público pueden ser los líderes ante el sector AECO el que como respuesta puede proporcionar mejores servicios y superior valor a las inversiones financiadas con el presupuesto de cada nación. El camino por recorrer es el de la transformación digital por parte de la educación, el desarrollo de conocimientos y habilidades para cambiar las prácticas actuales, con una visión común de todos los actores para lograr ajustes significativos en los sectores público, privado, académico, incluyendo a los proveedores del sector.

Limitaciones

La implementación de BIM es un proceso cuya iniciativa ha sido de los gobiernos en el ámbito internacional, quienes se han percatado de los beneficios de la metodología: trabajo colaborativo, proyectos con mayores alcances de detalle y precisión, participación desde el principio de los actores del proyecto, arquitectos, consultores, ingenieros, empresas constructoras, proveedores, etc. Se pretende lograr mayor transparencia en los recursos aplicados a las edificaciones y a la infraestructura, mejor rendición de cuentas, entre otros. Para eso se requieren equipos de trabajo, y recursos aplicados a la implementación.

Acerca de las limitaciones de este estudio sucede algo similar, es insuficiente la capacitación en BIM y todavía existe un gran desconocimiento de la metodología BIM y sus beneficios tanto en las instituciones que generan la obra pública, como entre los profesionales del sector, las empresas constructoras, los proveedores, etc. Este desconocimiento permea también en las universidades lo que limita la capacitación de las personas.

Referencias

BIM en Europa: Francia anuncia para el 2022 difusión completa gracias a la plataforma KROQUI. <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-europa-francia-anuncia-para-el-2022-difusion-completa-gracias-a-la-plataforma-kroqui/> enero 8, 2019. Consultada 16 octubre 2022

BIM Building Information Modeling. Guide for facility owners. Building SMART Alliance Project. Version 2.0 2013 BIM PSU EDU. Penn State Computer Integrated Construction. USA 2013.

Concrétiser la transformation numérique du bâtiment. PLANBIM 2022. Ministère chargé du logement, France. <https://plan-bim-2022.fr/>. Consultada 16 octubre 2022.

- Digital Construction Report 2021. Incorporating the BIM Report.* National Building Specification. Reino Unido.
<http://www.thenbs.com/digital-construction-report-2021/>. Consultada 29 enero 2023.
- Estándar BIM para Proyectos Públicos Spread Baja.* PLANBIM CHILE <https://planbim.cl/download/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>. Consultada 25 septiembre 2022.
- Estrategia para la Implementación del Modelado de Información de la Construcción (MIC) en México.* Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Subsecretaría de Egresos, Unidad de Inversiones marzo 2019.
- Handbook for the introduction of Building Information Modeling by the European Public Sector. Strategic Action for construction sector performance: driving value innovation and growth.* EUBIM Task Group co-funded by the European Union. www@Eubim.eu.
- Implementación de BIM en Latinoamérica - Avances 2021.* [https://redbimgoblatam.com > uploads > 2022/03](https://redbimgoblatam.com/uploads/2022/03). Consultada 25 octubre 2022.
- La Implantación de BIM en el sector público español.* <https://editeca.com/implantacion-bim-en-el-sector-publico-espanol/>.
- Panorama General del Avance de BIM en América Latina y el Caribe.* Banco de Desarrollo Corporación Andina de Fomento (CAF). 2023
SIBIM Argentina. sibim@obraspublicas.gob.ar Consultada el 18 octubre 2022.
- Serrano, Oscar *Rumbo al 2026, adopción de BIM en México.* GRAPHISOFT México, 2021-

Notas Biográficas

La **Dra. Aurora Minna Poó Rubio** es Arquitecta por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se graduó de la Maestría en Administración de Empresas (MBA) en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México (ITESM CEM) y de la Especialidad en Negocios Internacionales (ITESM CEM). Tiene el Doctorado en Administración por las Universidad La Salle con Mención Honorífica en el examen doctoral. Es profesora investigadora de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Azcapotzalco. Pertenecer al Área de Administración y Tecnología para el Diseño Tiene experiencia profesional en proyectos arquitectónicos, construcción y administración de obra. Pertenecer a Iniciativa BIM y participa en la coordinación de los Seminarios Internacionales BIM LATAM de 2000 a la fecha.

El **Arq. Moisés Bustos Álvarez** es Arquitecto por la Universidad Autónoma Metropolitana. Colaboró en el Taller del Arq. Teodoro González de León de 1990 a 1998 y posteriormente de 2006 a 2007. De 1998 a 2006 colaboró en DVA Diego Villaseñor Arquitectos. Fue académico de Tiempo parcial de 1990 a 2015 y de tiempo completo a partir de esa fecha en la UAM Azcapotzalco. Pertenecer al Área de Administración y Tecnología para el Diseño, es Coordinador del Proyecto N 566 Procesos contemporáneos para la Planeación, Diseño y Gestión de las edificaciones. Actualmente estudia la Maestría en Rehabilitación, recuperación y conservación del patrimonio construido. Pertenecer a Iniciativa BIM y coordina los Seminarios Internacionales BIM LATAM de 2000 a la fecha. También participa en BIM TaskGroup México.

Cinética de Adsorción de Cianuro en Distintos Materiales

Claudia Veronica Reyes Guzman ⁽¹⁾ Leonor Muñoz Ramírez ⁽²⁾ Sergio García Villarreal ⁽²⁾ Gloria Guadalupe Treviño Vera ⁽²⁾, Aglae Davalos Sanchez ⁽²⁾, Ma. Gloria Rosales Sosa ⁽²⁾, Hazel Rene Gallegos Moreno ⁽³⁾

Resumen: El constante aumento en las necesidades de purificación con productos naturales y/o sintéticos, también es responsable de la necesidad de nuevos adsorbentes.

Los adsorbentes convencionales son aquellos materiales naturales o sintéticos los cuales, para ser empleados, deben recibir un tratamiento para activarse, como el carbono, las arcillas, las membranas etc.; después de usarse estos materiales tienen la cualidad de poder ser regenerados.

Los adsorbentes no-convencionales son materiales alternos (desechos de minerales o partes de plantas); no necesariamente deben recibir un tratamiento previo para activarse; sin embargo, su activación mejora su capacidad de adsorción.

Las áreas de estudio para los materiales no-convencionales surgen como una necesidad en el diseño de procesos sustentables para el tratamiento de aguas residuales, por lo que su estudio y revisión son de especial interés para profundizar y proponer alternativas acordes con las necesidades existentes.

En el presente trabajo se empleó minerales de un agotativo del proceso de flotación y estos al estar en contacto con cianuro de sodio, el mejor fue la molibdenita que adsorbía porcentajes del 62 por ciento de cianuro libre sin embargo al poner en contacto el carbón cascara de coco tratado con ácido fosfórico adsorbía el 78 por ciento de cianuro, posteriormente se analizó por espectroscopia infrarroja la mejor muestra dando como resultado estiramientos típicos de adsorción de cianuro así como en espectroscopia infrarroja se notó la presencia de carbonilos y carboxilos grupos funcionales responsables de la adsorción.

Palabras claves: Cianuro, carbón cascara de coco, minerales, agotativo de flotación

Introducción

Diversos estudios demuestran la posibilidad de desarrollar materiales con adecuadas capacidades de adsorción a partir de fuentes naturales, despertando el interés para explorar estos materiales alternativos considerados “no-convencionales”, que permitan reducir o eliminar los contaminantes de naturaleza metálica u orgánica, contenidos en aguas residuales.

Los adsorbentes no-convencionales (verdes o bioadsorbentes) surgen del aprovechamiento de los materiales de desecho que provienen de la industria alimentaria, agrícola y minera; estos son desechos de fruta, residuos vegetales, plantas y pulpas; con respecto a los desechos mineros estos van a parar a presa de jales.

México y aquellos países que cuentan con una enorme biodiversidad de especies vegetales y frutales son atractivos para el establecimiento de industrias alimentarias o agroindustrias, las cuales generan miles de toneladas de residuos vegetales o frutales por año; sin dejar de mencionar todas las plantas mineras que tienen grandes presas de jales con pulpas acuosas con muchos metales que se pueden recolectar.

Por ello la utilización de estos residuos, principalmente las cáscaras de las frutas, para la eliminación de los contaminantes presentes en los efluentes acuosos, es una alternativa de gran potencial y de aprovechamiento que presenta diversas ventajas como ser materiales bioadsorbentes de bajo costo, disponibilidad, adecuada capacidad de adsorción, factibilidad de mejorar a través de modificación química, susceptible a la regeneración, degradabilidad lo que conduce a un menor número de problemas en la disposición final posterior a la adsorción.

El CN⁻ es uno de los químicos tóxicos que se encuentran en las descargas de aguas residuales de la galvanoplastia, acabado de metales, temple de acero, minería (extracción de metales como el oro y la plata), fabricación de piezas de automóviles, fotografía, farmacéuticos y unidades de procesamiento del carbón, alimentos y síntesis química (nylon, fibras, resinas, fertilizantes, pesticidas y herbicidas). Se ha estimado que la liberación de cianuro de las industrias es de más de 14 millones de kg/año en el mundo y puede existir en tres formas: cianuro total (CNT), cianuro WAD (Weak acid dissociable) y cianuro libre (CNL).

Las emisiones líquidas que contienen cianuro sobre los límites permisibles son tratadas por métodos convencionales de tipo químico como:

- Cloración alcalina

(1) ¹ Investigadora de la Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia, Carretera 57 Km 5, C.P. 25710 Monclova, Coah clavereyes@gmail.com

(2) Colaboradores en el proyecto Facultad de Metalurgia Univ. Autónoma de Coahuila

(3) Estudiante de 1 sem del posgrado de Maestría en Ciencias y Tecnología de la Metalurgia, Facultad de Metalurgia de la Univ. Autónoma de Coahuila

- Proceso INCO (SO₂/aire) (International Nickel Company`s)
- Peróxido de hidrógeno
- Método del ácido de Caro (H₂SO₄/H₂O₂),
- Ozonización
- Osmosis inversa
- Carbón activado mineral
- Resinas, entre otros

Sin embargo, los procesos químicos para degradar cianuro no son apropiados para las perspectivas ambientales y económicas; por su elevada demanda de productos químicos y la formación de contaminantes secundarios.

La adsorción es un método simple y atractivo para la eliminación de compuestos tóxicos de efluentes debido a su alta eficiencia, fácil manejo y factibilidad económica.

Según referencias bibliográficas, varios adsorbentes han sido estudiados; con y sin tratamiento para adsorber CN⁻ a saber: hueso de aceituna y residuos de café, cáscara de semilla de Karité, cáscara de arroz, cáscara de almendra, carbón activo bituminoso, pero ninguno con CASCARA DE COCO y en el presente estudió además de estos minerales (molibdenita, calcita, fluorita, barita) provenientes de un agotativo de flotación y al carbón cascara de coco tratado por un método poco estudiado en la carbonización y activación del precursor.

Así, surgió el propósito del presente trabajo donde se evaluó el proceso de adsorción del cianuro, contenido en solución acuosa y puesto en contacto con estos materiales.

Desarrollo Experimental

Molienda de carbón activado de cascara de coco y los distintos minerales

Primeramente, se tomaron muestras de cascara de coco, con un peso total de 10g c/u fue molida durante 2 horas a una velocidad de 20 rpm, para observar cual era el mejor tiempo de molienda, con 0.5 horas de reposo por cada hora de trabajo.

Los componentes y las bolas de acero se cargaron a un vial de acero inoxidable, la molienda se realizó en un molino Restch para producir polvo de las diferentes muestras a tratar, el peso total de la muestra fue 10g.

En el proceso de molienda mecánica fue necesario, considerar 0.5 horas de reposo por cada hora de trabajo, lo cual fue debido al calentamiento del motor del molino.

Una vez obtenida una gran cantidad de polvo del producto de las moliendas mecánicas, este se guardó en viales de vidrio con tapa para evitar cualquier contaminación, posteriormente se repite todo el procedimiento para los distintos minerales.



Figura 1.- Molino restch (accesorios y parámetros)

Determinación de cianuro libre

El cianuro libre se determina por titulación de nitrato de plata, de acuerdo con el método APHA-AWWA 4500-CN D. El principio básico de esta técnica es la determinación del ion cianuro por titulación con nitrato de plata (AgNO₃) para formar un complejo soluble de cianuro de plata (Ag (CN)²⁻). En el momento en que todo el cianuro está en forma de dicho complejo y existe un pequeño exceso de plata, éste es detectado por un indicador, cambiando la coloración de la solución. La reacción que ocurre es la siguiente:

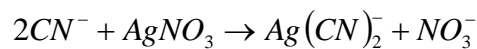


Tabla I Los reactivos necesarios para el análisis de cianuro libre.

Sustancia	Grado	Fabricante
Nitrato de plata (AgNO ₃)	99.3 %	Aldrich
5-[4-(dimethylamino)-benzylidene]rhodanine	97%	Aldrich

Para preparar la solución de AgNO₃ 0.0038 M, se pesó 0.6522g de AgNO₃ y aforó a 1l con agua desionizada. En cuanto a la solución indicadora C₁₂H₁₂N₂OS₂; se pesa .02 g y afora a 100 ml con Acetona C₃H₆O (fabricante ANALYTYKA)

El procedimiento para la determinación de cianuro libre en solución fue el siguiente:

1. Se tomó 10 ml de la muestra problema para que el análisis se llevará a efecto dentro de los límites establecidos por la curva de calibración.
2. Se verificó previamente la solución que tenga un pH mayor a 11.
3. Se colocó la alícuota en un vaso de precipitado de 50 ml y se añadió 3 gotas de la solución indicadora de C₁₂H₁₂N₂OS₂.
4. Se tituló la muestra con la solución de AgNO₃ 0.0038 M.
5. Al momento en que ocurre un cambio de coloración en la muestra, se detuvo la titulación y se tomó la lectura del volumen de AgNO₃ consumido.
6. Se hicieron los cálculos correspondientes, de acuerdo con la siguiente relación:
1 ml de AgNO₃ añadido = 20 mg/L de CN⁻
7. Se realizó correcciones por el factor de dilución utilizado.

Preparación de la cianuración

- a.- Se preparan los materiales de la molienda y del tratamiento térmico-químico en el caso del carbón cascara de coco para ponerlos en contacto con cianuro
- b.- Se procedió a preparar agua tridestilada, ajustando el pH a 11 con hidróxido de sodio.
- c.- Se procedió a preparar soluciones de NaCN. En un matraz de aforación de 1 L y agregar las 400 ppm de CN.
- d.- Posteriormente se cuantifica 250 ml de cianuro de sodio y se colocan en un vaso de precipitado con un imán, y ayudado de un cronometro inicia la experimentación
- e.- Al final se filtra el carbón que quedo de sedimento y se guarda para usos posteriores
- f.- Con relación a los distintos minerales se hace todo el procedimiento del a hasta el e



Figura 2.- Procedimiento de Cianuración con distintos materiales

Resultados y Discusiones

Cinéticas de Adsorción de Cianuro

Se puso en contacto soluciones de cianuro 200 ppm con distintos materiales provenientes de una molienda mecánica, lo cual dio como resultado la Figura 3, describiendo que el material con una cinética de adsorción mejor fue el mineral molibdenita, este viene de un agotativo de flotación donde se extrae cobre, la molibdenita MoS₂-Cu tiene carga + y por eso hay una buena adsorción de cianuro, con un máximo de adsorción de 53 % a comparación con el carbón cascara de coco que es de un 50%, la fluorita, barita y calcita con un máximo en porcentaje de 32, 30.5 y 30.5.

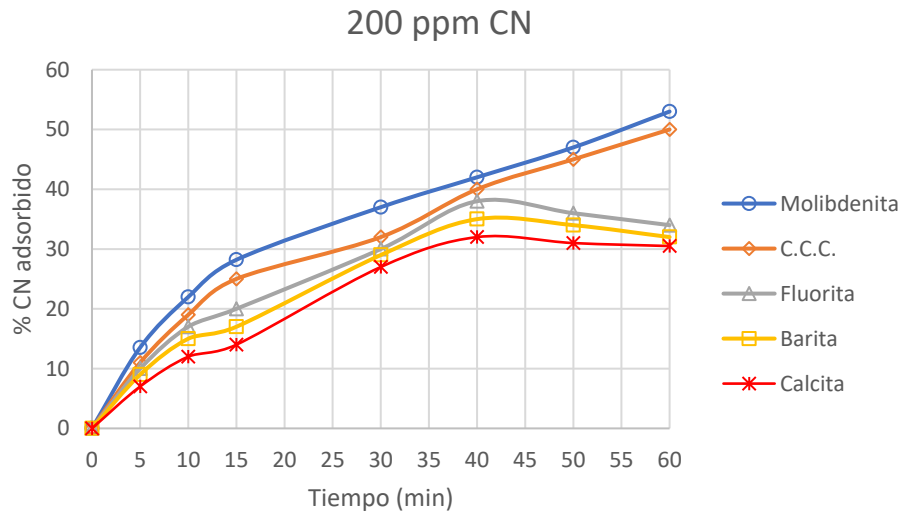


Figura 3. Adsorción de cianuro en diferentes materiales a 200 ppm de cianuro

La Figura 4 es una concentración de 400 ppm de cianuro que fueron puestas en contacto con los mismos materiales pero el máximo pico de adsorción lo dio nuevamente la molibdenita 56% presentando el mismo fenómeno de adsorción seguido del carbón cascara de coco con 54, a comparación con la figura anterior la fluorita, calcita y barita tuvieron una mejor adsorción 45, 38, 34 % puede deberse principalmente a las trazas de metales que traen.

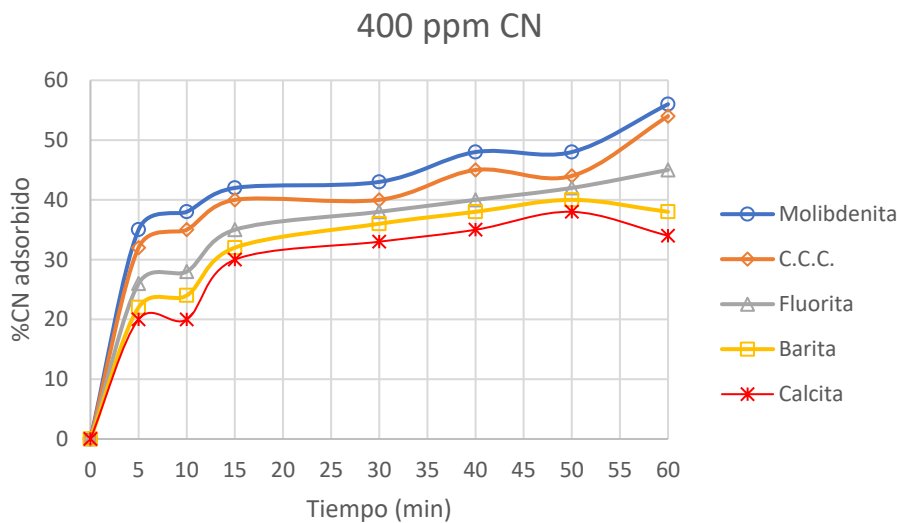


Figura 4. Adsorción de cianuro en diferentes materiales a 400 ppm de cianuro

Con respecto a la concentración de 600 ppm CN no se presentó gran mejoría en comparación con la Figura 4, ya que tanto la molibdenita y el carbón cascara de coco tiene los valores de 56 y 54, posiblemente a una sobresaturación de los poros de ambos materiales, este fenómeno de desestabilización también lo han reportado otros investigadores como Reinoso y Castilla.

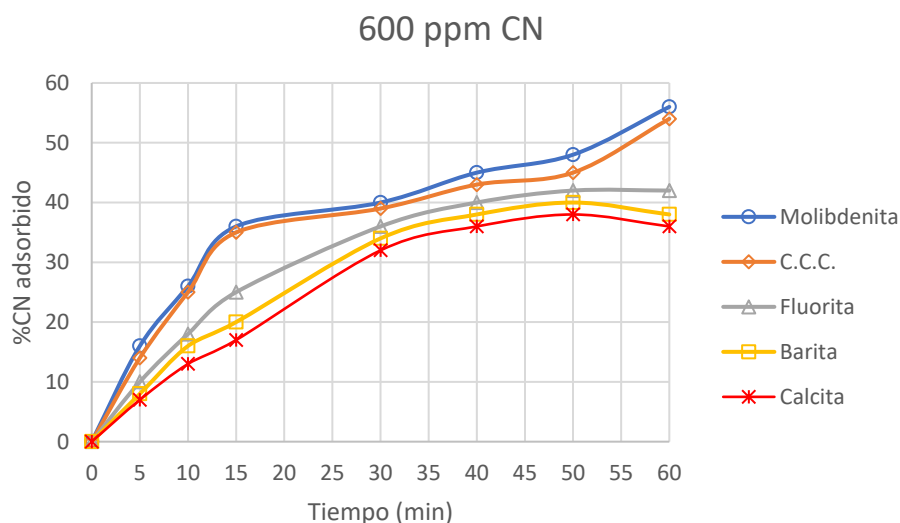


Figura 5. Adsorción de cianuro en diferentes materiales a 600 ppm de cianuro

Con respecto a la concentración de 800 ppm de cianuro igualmente presenta el fenómeno de intercambio ionico el porcentaje de adsorción es de 58 y 56 para el carbón cascara de coco, a comparación con las otras figuras la fluorita, barita y calcita adsorbieron un 37, 34, 34 como se muestra en la Figura 6.

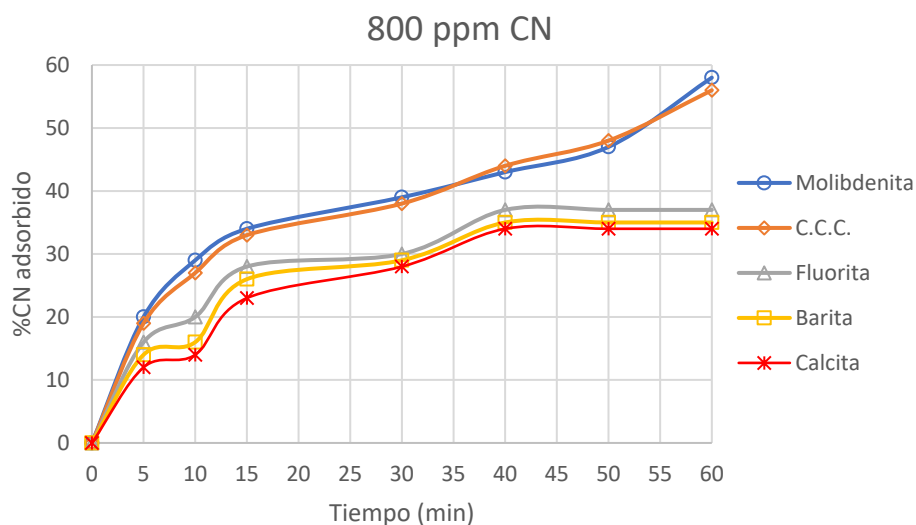


Figura 6. Adsorción de cianuro en diferentes materiales a 800 ppm de cianuro

Una vez evaluada los máximos picos de adsorción en las concentraciones de 200, 400, 600, 800 ppm de cianuro se procedió a una toma de decisiones para trabajar con esa concentración, pero con un carbón activado cascara de coco con tratamiento térmico, se tomó la decisión de trabajar con 400 ppm para no gastar tanto cianuro ya que viendo el porcentaje de adsorciones son casi parecidos en los 3 casos. Se puso en contacto por 24 horas el carbón cascara de coco y el mejor adsorbente de cianuro de las etapas anteriores, y dio como resultado que a la 1 hora de adsorción eran muy parecidas los porcentajes de adsorción, en cambio después de las 2 horas de adsorción presentaba mejores adsorciones el carbón cascara de coco modificado, esto puede ser a los grupos funcionales incrementados en el tratamiento térmico, se sabe el carbón cascara de coco es de naturaleza básica y predominan los grupos funcionales quinonas y carbonilos.

Una vez que transcurrieron las 24 horas se procedió a parar el experimento porque no había tanto liquido en solución y además la adsorción no tenía una gran diferencia dando el máximo porcentaje de adsorción del 78% como se muestra en la Figura 7.

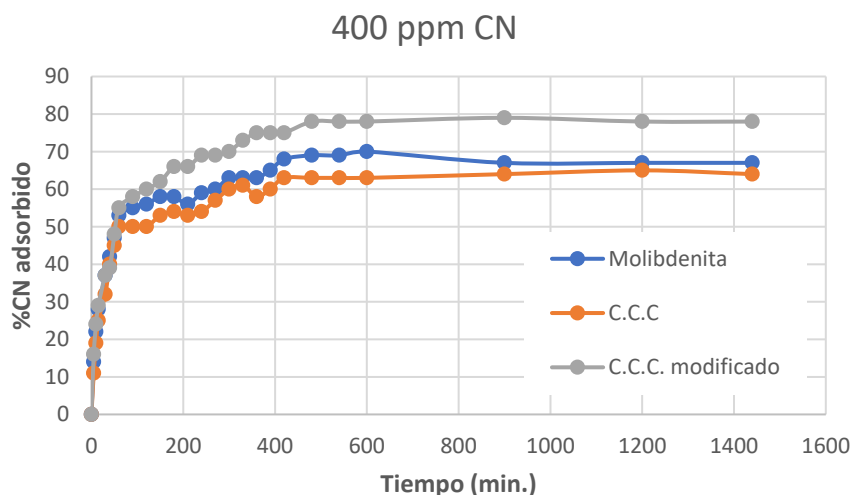


Figura 7. Adsorción de cianuro a 400 ppm de cianuro con molibdenita carbon cascara de coco y carbón cascara de coco modificado

Caracterización del adsorbente por Espectroscopia Infrarroja con Transformadas de Fourier

La Figura 8 muestra el espectro IR obtenido del experimento realizado a 400ppm de cianuro. La ampliación del espectro muestra dos bandas entre 1020 y 934 cm^{-1} , con máximos en 1044,5 y 970,5 cm^{-1} . Estas bandas corresponden a las vibraciones simétrica y antisimétrica respectivamente del estiramientos O-Mo-O, además cabe destacar que ha sufrido un ligero desplazamiento a menores valores del porcentaje de transmitancia, puede ser a la adsorción del CN^- sobre la molibdenita.

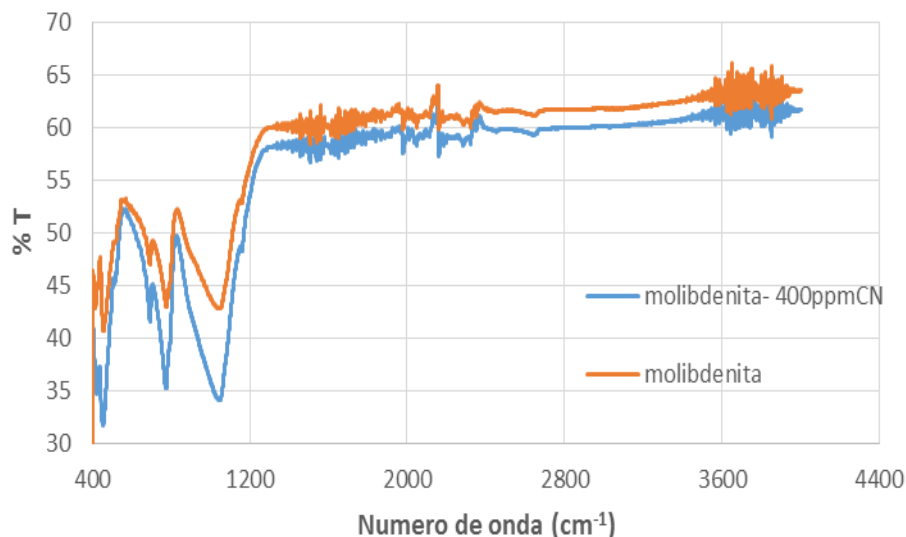


Figura 8. Espectro Infrarrojo de la molibdenita antes y después del proceso de cianuración

El análisis FTIR del carbón cascara de coco de la Figura 9, revela que tiene una banda ancha debido a la formación de puentes de hidrógeno, con un pico alrededor de 3440 cm^{-1} y está relacionado con la vibración tipo tensión de los grupos hidroxílicos O-H, traslapado con uniones N-H: alcoholes-fenoles, carboxilo y amino [55] que se

corroborar por la formación de señales a 1500 y 1532 cm^{-1} para fenoles y alcoholes. Las bandas a 1555 y 1577-1240 cm^{-1} se atribuyen a las flexiones asimétricas y simétricas del grupo CH_3 .

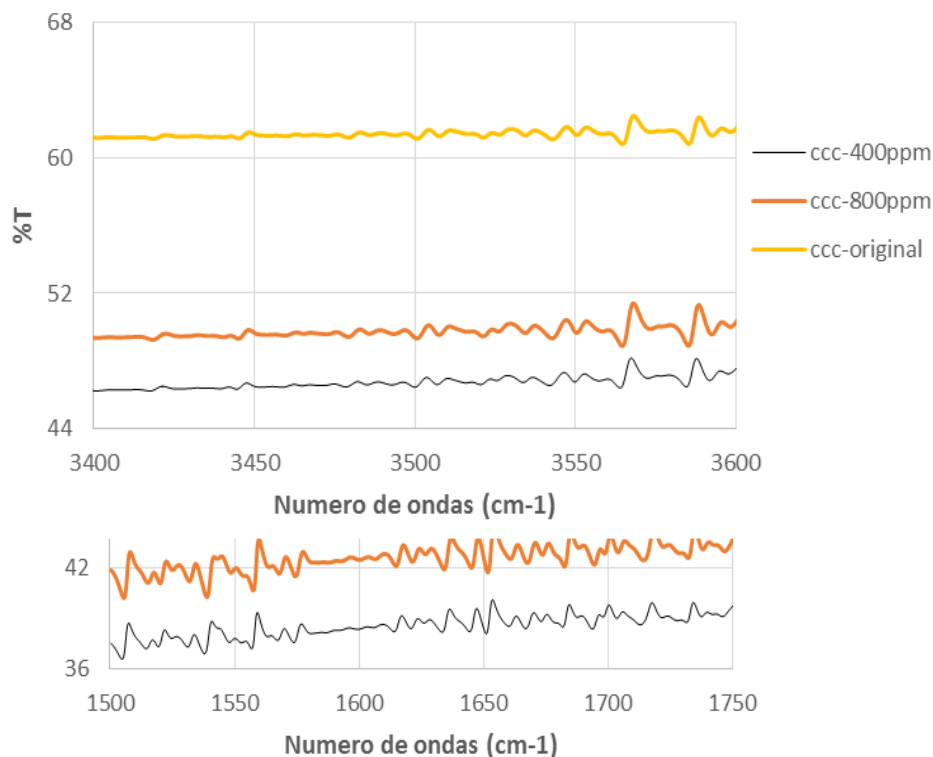


Figura 9 Espectro de carbón cascara de coco sin modificación y puesta en contacto con cianuro a) estiramientos 3400-3600 b) estiramientos de 100 -1750

La Figura 10 muestra el espectro FTIR del C.C.C; se aprecia que el precursor ha sufrido modificaciones importantes en su estructura que nos sugiere la carbonización completa del precursor al someterlos al proceso de activación. Los compuestos volátiles y orgánicos se han descompuesto o eliminado, resultando una eficiente modificación de la superficie del carbón [1,2]. La banda ancha del precursor entre 3600 y 3050 cm^{-1} , así como las bandas agudas a 2922, 2853, 1743 y a 1032 cm^{-1} prácticamente han desaparecido. Solo han quedado un pequeño pico de débil intensidad alrededor de 2980 y 2900 cm^{-1} productos del estiramiento alifático C-H en un grupo metoxilo aromático [3] y los picos observados alrededor de 1560 y 1150-1060 cm^{-1} son debido a las vibraciones tipo tensión C=C y C-C respectivamente. La banda con pico en 1560 cm^{-1} esta superpuesta con la vibración de flexión del grupo N-H (aminas y amidas). Los picos a 1150-1060 cm^{-1} está relacionado con la superposición de las vibraciones de tensión C-O de éteres, ésteres[2] con hombro a 1190 cm^{-1} ; son señales características de compuestos fosforocarbonáceos presentes en los carbones activados con ácido fosfórico [3].

La señal a 870 cm^{-1} está relacionada con las vibraciones de flexión fuera del plano C=C-H [2], sin embargo, ha sufrido un ligero desplazamiento a menores valores del porcentaje de transmitancia. Puede ser debido a la adsorción del CN- sobre el carbón activo.

La formación de dos bandas agudas a 2922 y 2853 cm^{-1} , se atribuye a la vibración de tensión C-H (alcanos) [1]. Los picos a 1743 y 1647 cm^{-1} se asignan a las vibraciones de tensión C=O en los ácidos carboxílicos, anhídridos y lactonas [4] y del grupo acetilo en la hemicelulosa [4]; la banda a 1240 cm^{-1} también se le asocia al estiramiento C-O del grupo arilo en la lignina [4]. Las señales entre 666 y 871 cm^{-1} corresponden a vibraciones de flexión fuera del plano [2] y de los grupos amino N-H y aromáticos C-H [3].

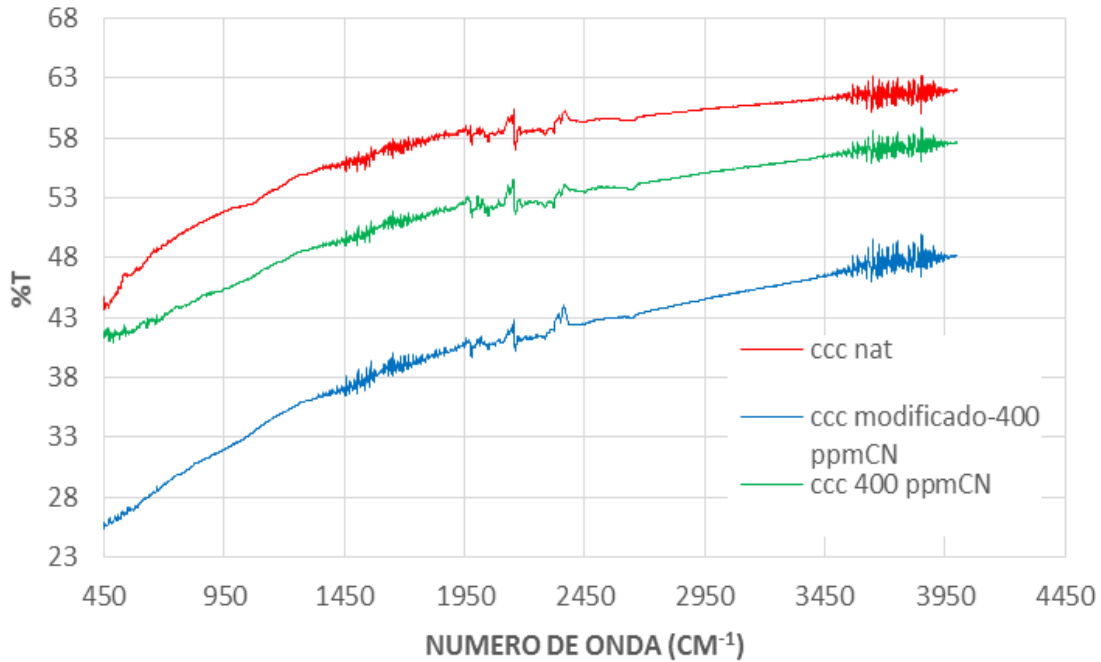


Figura 10 Espectro de carbón cascara de coco modificado y puesto en contacto con 400 ppm de cianuro

Espectroscopia Fotoelectrónica de rayos X.

Los picos de diferentes grupos funcionales en los cuales se encuentra enlazado el cianuro al carbón. El pico presente a 288.7 eV, es el pico característico del carbón, junto a este pico aparecen otros dos pequeños, los cuales son distintos grupos funcionales del carbón, que se encuentran interactuando con el cianuro:

- (1) a 288.7 eV tenemos (-C=N, -N=C-O-, COOC-).
- (2) a 289.3 eV (-COOH) acido carboxilo.
- (3) a 291.0 eV tenemos quinona carbonilo (C=O).

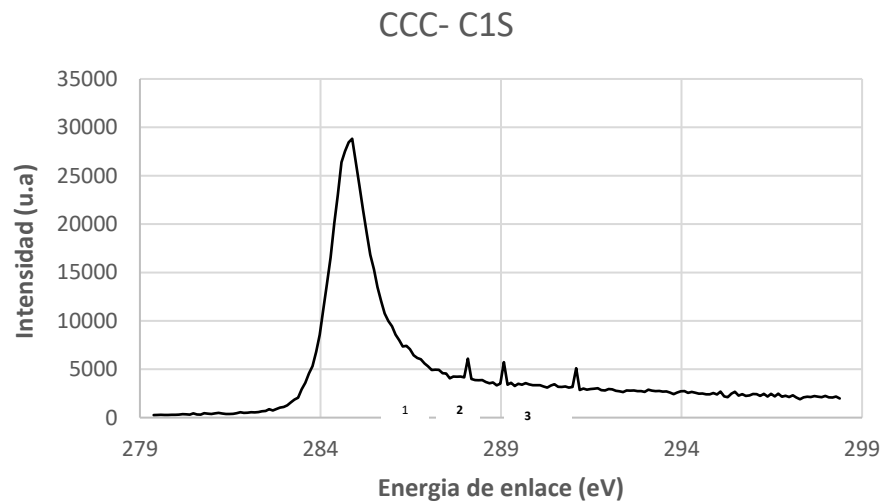


Figura 11 Espectro de la muestra de carbón cascara de coco C1S, 1) pico característico del carbón, 2) acido carboxílico 3) quinona carbonilo], usando 400 ppm de cianuro.

Conclusiones

Las cinéticas de adsorción de cianuro con los distintos materiales el mejor fue la molibdenita por la carga en la que trabaja y además el fenómeno que predominó en su adsorción fue una interacción de cargas, y con el carbón activado modificado, se pudo notar un porcentaje mayor del 78 por ciento esto debido al incremento de grupos funcionales del carbón cascara de coco

Con respecto a la espectroscopia infrarroja con transformadas de Fourier se puede notar la presencia de los grupos funcionales del carbón activado y que se corroboraron en XPS, además también se pudo notar corrimientos en la molibdenita esto se debió a la adsorción de cianuro.

Bibliografía

- [1] Ma, X.; Ouyang, F. 2013. Adsorption properties of biomass-based activated carbon prepared with spent coffee grounds and pomelo skin by phosphoric acid activation. *Applied Surface Science* 268: 566-570.
- [2] Rattanapan, S.; Srikram, J.; Kongsune, P. 2017. Adsorption of methyl orange on coffee grounds activated carbon. *Energy Procedia* 138: 949-954.
- [3] Reffas, A.; Bernardet, V.; David, B.; Reinert, L.; Lehocine, B.; Dubois, M.; Btisse, N.; Duclaux, L. 2010. Carbons prepared from coffee grounds by H₃PO₄ activation: Characterization and adsorption of methylene blue and Nylosan Red N-2RBL. *Journal of Hazardous Materials* 175(1-3): 779-788
- [4] Shamsuddin, M.; Yusoff, N.; Sulaiman, M. 2016. Synthesis and characterization of activated carbon produced from kenaf core fiber using H₃PO₄ activation. *Procedia*

Interacción Humano-Computadora Basada en Seguimiento Ocular: Una Revisión Sistemática

Aileen Guadalupe Rosas Ochoa¹, Edgard Benítez-Guerrero², Carmen Mezura-Godoy³

Resumen— Para la interacción humano-computadora, se han utilizado medios tradicionales como el teclado y el ratón; no obstante, estos son tradicionales y limitan la experiencia de usuario. Un medio de interacción más natural es el basado en el seguimiento ocular (eye tracking). Este artículo reporta una revisión sistemática de la literatura sobre este tema, con el objetivo de identificar los trabajos relacionados, sus ventajas y limitaciones. Para ello, se utilizó el método PRISMA para reportar revisiones sistemáticas. Se identificaron y analizaron artículos publicados en revistas y memorias de congreso, en los últimos cinco años, en las bibliotecas digitales de ACM, IEEE, Springer y Elsevier. Los resultados indican que las fijaciones de los ojos, las variaciones de la pupila y del iris, así como el parpadeo, obtenidos mediante visión artificial, han sido usados para emular la interacción con el ratón y para controlar la perspectiva en interfaces de realidad virtual.

Palabras clave— Interacción Humano Computadora, Seguimiento Ocular, Revisión Sistemática

Introducción

La Interacción Humano-Computadora (IHC) es la disciplina de la Computación relativa al diseño, implementación y evaluación de sistemas interactivos para uso humano y al estudio de los fenómenos alrededor de ellos.

La IHC debe proporcionar las medidas suficientes para llevar a cabo comunicación satisfactoria con los usuarios, en el diseño de estas tecnologías primeramente se deben contemplar sus necesidades para proponer soluciones más afianzadas a las características de los usuarios, para algunos contextos, el desarrollo de interfaces basados en eye tracking tienen como propuestas el alcance de un público accesible, por lo que muchos de estos trabajos están dirigidos a personas con discapacidad motora.

Actualmente los medios tradicionales de interacción, como el teclado y el mouse pueden mostrar satisfacción limitada, pues la variedad de los formatos, tamaños y formas pueden impactar en la interacción con la computadora, además de que existen posibilidades de que el exceso de esfuerzos físicos cause daños en la salud como el síndrome del túnel carpiano. Es por esta razón que se están proponiendo nuevas alternativas en la interacción humano-computadora como la voz, gestos, ondas cerebrales y datos oculares, este trabajo tiene como propósito encontrar trabajos que estén relacionados con la interacción ocular.

Este trabajo tiene el propósito de mostrar el proceso de interacción ocular de los usuarios con los sistemas, además de identificar y analizar los datos oculares utilizados para crear una interacción, por lo que se presentarán y analizarán los hallazgos más importantes encontrados, tratando de responder a las preguntas de investigación. Así como también se analizará el contexto aplicado a los usuarios. No obstante, es importante mencionar que los dispositivos que se analizan en este documento no se limitan en la accesibilidad para personas con discapacidad motriz, si no, busca la universalidad ampliando el panorama para la interacción utilizando datos oculares.

Según la información que muestra (Norman, 2013) en el libro de Norman The Design of Everyday Things, el diseño de interacción en las tecnologías ayuda a mejorar la comprensión de las personas, sobre lo que pueden hacer, lo que está sucediendo y lo que acaba de ocurrir. Asimismo, se concreta que el diseño de interacción, que a su vez, utiliza principios de otras disciplinas de diseño, arte, psicología e incluso aspectos del procesamiento de cognición, contribuyen a la mejorara de experiencia de los usuarios en el uso de tecnologías. Para la IHC se establece que los diseños en las interfaces con las que el usuario se comunicará constantemente con la computadora motivan la creación de métodos que aumente la fluidez de captación de información de los usuarios, no solo tratando de excluir los métodos tradicionales, sino mejorarlos o complementarlos con nuevas tecnologías.

Antecedentes

Desde que surgieron las computadoras personales con las primeras interfaces gráficas, la preocupación por aumentar la adaptabilidad y naturalidad interactiva de los usuarios comenzó a ascender y a obtener más relevancia

¹ LSCA. Aileen Guadalupe Rosas Ochoa es una estudiante de la Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario de la Universidad Veracruzana en Xalapa Ver. zs21000683@estudiantes.uv.mx

² El Dr. Edgard Iván Benítez es un profesor de tiempo completo en la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana Xalapa Ver. edbenitez@uv.mx

³ La Dra. M. Carmen Mezura Godoy es una profesora de tiempo completo en la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana Xalapa Ver. cmezura@uv.mx

para las nuevas generaciones de usuarios. Las interfaces de usuario naturales (NUI) son un tema de interés reciente en el dominio de la interacción persona-computadora, como una etapa progresiva de evolución en las interfaces que quizás comenzaron con la interfaz gráfica de usuario (GUI), incorporando complementos más eficientes en las interfaces tradicionales.

La Interacción Humano-Computadora (IHC) es una disciplina que se ocupa del diseño, evaluación e implementación de sistemas de computación interactivos para uso humano y del estudio de los principales fenómenos que los rodean. El buen diseño de una interacción con la computadora ayuda a que la experiencia del usuario aumente de forma benéfica, ya que contiene los elementos claves, como la consistencia, el buen flujo de información y satisface sus preferencias y necesidades de los usuarios. En la actualidad la IHC involucra una gran cantidad de dispositivos que constantemente utilizan la información de distintos puntos del usuario, con la finalidad de personalizar cada vez más la interacción. La IHC no solo analiza el uso de los dispositivos tradicionales, sino que también se encarga del desarrollo de nuevas herramientas y técnicas para optimizar la interacción, por lo que por medio de otros datos provenientes del usuario en tiempo real pueden ser procesados para interactuar con la computadora.

Para los humanos, la vista y el oído son las formas más efectivas de percibir la realidad circundante. Mientras que las orejas son órganos pasivos, los humanos pueden mover los ojos para investigar mejor el entorno, deteniéndose en los detalles más destacados, además los datos visuales dan apertura a detección de niveles de atención por medio de puntos de fijación (Cognolato et al., 2018). Las características generales de la atención visual se logran descifrar de la ubicación de los usuarios en las interfaces gráficas (Buscher et al., 2009). De manera análoga, los indicadores de la atención de los usuarios producen referencias certeras de las secciones más llamativas o importantes para ellos, asimismo, argumenta que las tecnologías pueden basarse en la atención y acrecentar la naturalidad en la interacción (Bose et al., 2016).

El desarrollo de tecnologías basada en la atención ocular de la computadora ha tenido un gran auge en los últimos años, el eye tracking consiste en la aplicación de técnicas y herramientas para detección del ojo y seguimiento del comportamiento ocular, además de ser utilizado dentro de términos de interacción en la tecnología de asistencia para personas con discapacidad motriz, de igual manera es usada como sistema de control en interfaces y como interacción basada en la atención ocular. Las aplicaciones del seguimiento ocular atraen a una gran variedad de aplicaciones y contextos, por ello, es crucial que en el diseño de la tecnología se tomen en cuenta el modelo del usuario para influir de forma positiva en sus percepciones naturales. (Majaranta & Bulling, 2014), mencionan que es poco probable que los sistemas basados únicamente en la entrada de la mirada atraigan a un público más amplio. Sin embargo, las aplicaciones atentas que incorporan la entrada de los ojos en la interfaz de forma natural tienen un gran potencial ya que pueden ayudar tanto a los usuarios sin discapacidad como a los discapacitados.

En la actualidad, lo que conocemos como sistemas tradicionales de interacción con la computadora son el teclado, el mouse y el monitor, pues a través de los años estos se han estado utilizando desde las primeras generaciones de la computadoras por lo que su funcionalidad no ha cambiado mucho ya que todos los estos dispositivos se basan en que el usuario realice constantes movimientos físicos, de igual manera, la variedad en los formatos pueden impactar en la forma de interacción con la computadora, es por ello, que se considera que la satisfacción es limitada, es decir, ya que para optimizar la entrada de datos es necesario incorporar otros elementos de interacción para evitar esfuerzos físicos de los usuarios, pues el exceso de estos, pueden provocar dolores en brazos y en las articulaciones de la mano como el síndrome de túnel carpiano e incluso malas posturas en cuello y hombros pueden ser perjudiciales para la salud. Por ello, nuestro interés en el uso de nuevas alternativas o complementos de interacción como ondas cerebrales, voz u visión.

En este artículo se pretende responder sobre los elementos requeridos para el desarrollo e implementación de un sistema interactivo ocular además de incluir verificar cuales son las ventajas e inconvenientes de los trabajos relacionados en con la investigación para desarrollar una propuesta de interacción mejorada y optimizada, así como también se espera concretar la manipulación de los datos oculares para el beneficio del usuario.

Metodología

De acuerdo con el proceso de revisión sistemática de la literatura PRISMA, se plantea responder a las preguntas de investigación, así como también establecer la cadena de búsqueda para obtener los documentos y obtener un análisis de la literatura. Este método tiene la finalidad de optimizar el proceso de búsqueda y análisis de documentos, de tal manera que se puedan responder a preguntas de investigación.

Preguntas de investigación

Para exponer las preguntas primeramente se realizó un análisis de los objetivos de este artículo, pues se priorizó en los elementos que se pretenden analizar los cuales son la forma en la que operan los movimientos oculares en la interacción esperando recuperar las ventajas y analizar las debilidades o limitaciones.

- P1. ¿Cuáles son los datos oculares que se han utilizado en la IHC?
- P2. ¿Cómo han sido utilizados los datos oculares en la IHC?
- P3. ¿Qué técnicas se han utilizado para detectar eventos oculares de interés?
- P4. ¿Cuáles son los retos pendientes en la interacción con la computadora mediante los ojos?

Cadena de búsqueda

La cadena de búsqueda se obtendrá por medio de dos términos principales, pues para poder determinar resultados más certeros se estructuró lo siguiente:

(EYE TRACKING) AND (HUMAN-COMPUTER INTERACTION OR HCI).

Fuentes de información

Para las fuentes de información se utilizaron repositorios digitales con acceso mediante una matrícula registrada de la Universidad Veracruzana, de igual manera se seleccionaron 4 diferentes bibliotecas en relación la investigación científica en la tecnología e informática. Las fuentes fueron las siguientes:

- IEEE Xplore Digital Library
- ACM Digital Library
- SpringerLink
- ScienceDirect

Criterios de inclusión y de exclusión

Inclusión

- Discusión sobre Eye tracking e Interacción Humano-Computadora.
- Publicado en revistas y congresos
- Publicados en los últimos 5 años (2017-2022)
- Palabras clave: Eye tracking e interacción humano-computadora

Exclusión

- No estar escrito en inglés.
- Literatura gris (Reportes, informes, trabajos en progreso, etc).
- No se accede electrónicamente.
- No tener relación con la investigación.

Estrategia de búsqueda

Primeramente, se realizó una búsqueda sin filtros en las librerías digitales, después se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión para tener resultados más certeros y por último se llevó a cabo una revisión completa de los documentos con la finalidad de obtener la información deseada.

La aplicación de los criterios de inclusión mejoró la optimización de búsqueda de documentos relacionados con el tema de investigación. Asimismo, se realizó un análisis en la búsqueda como en el título y en el resumen para verificar que los coincidan con los objetivos.

Artículos encontrados sin filtros

- IEEE Xplore Digital Library – 791 resultados
- ACM Digital Library – 132.983 resultados
- SpringerLink – 17.175 resultados
- ScienceDirect – 24.022 resultados

Artículos encontrados con filtros

- IEEE Xplore Digital Library – 3 resultados
- ACM Digital Library – 2 resultados
- SpringerLink – 0 resultados
- ScienceDirect- 1 resultado

Documentos obtenidos

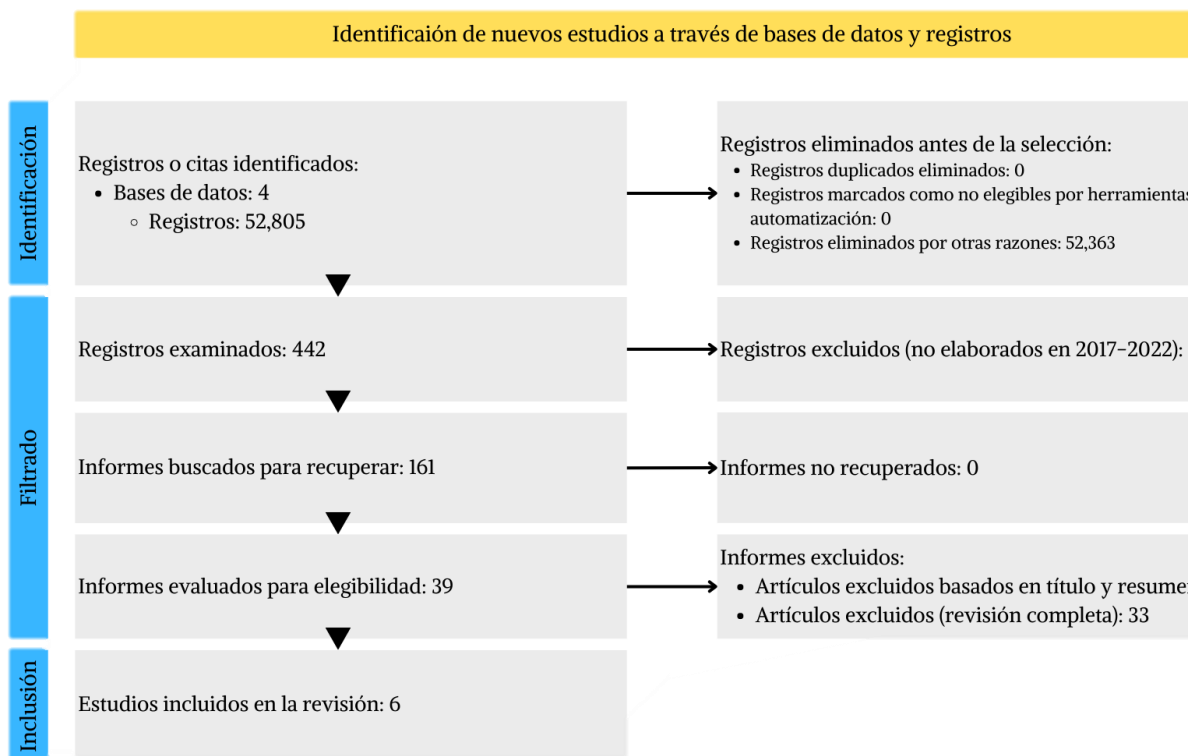


Figura 1: Metodología de Prisma aplicados los criterios de inclusión y exclusión

Tal como se observa en la Figura 1, primeramente, se realizó una búsqueda sin filtros, esto implicaba que colocar directamente la cadena de búsqueda sin aplicar ningún criterio de exclusión e inclusión, por lo que para las 6 bases de datos seleccionadas, se recabaron 52,805 documentos (artículos, reportes, capítulos, etc.). Dentro de este procedimiento se identificaron 0 documentos repetidos o duplicados. No obstante, en consideración al número de resultados encontrados en la identificación de estudios se pudo observar que los temas en relación con el eye tracking y la Interacción Humano-Computadora tienen relevancia y motivación de estudio en el área de la tecnologías e informática.

Para el siguiente punto, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, utilizando las herramientas de los buscadores especializados, en donde se especificó la cadena de búsqueda; periodo de tiempo (2017-2022), palabras clave, tipo de documento (artículos de revista y congreso) etc., por lo que en la primera instancia se encontraron 442 y se excluyeron 281, los cuales 161 documentos fueron recuperados.

Asimismo, para tener un mayor alcance y seleccionar los artículos más convenientes se llevó a cabo una revisión de lectura de primer nivel, esto quiere decir que se analizó el título y el resumen de cada documento para corroborar la relación directa con el tema de investigación siendo 122 documentos excluidos. Para finalizar y obtener los documentos finales, se llevó una lectura completa de los artículos siendo 33 artículos excluidos. Para los 6 documentos resultados del filtro de los criterios de inclusión y exclusión. En la Fig. 2 se puede observar los artículos encontrados por año y por fuente de información.

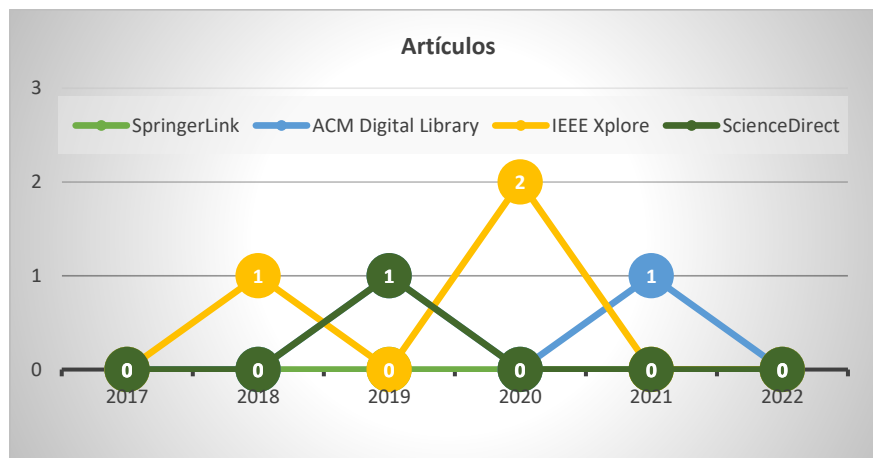


Figura 2: Artículos encontrados por año y por fuente de información.

Resultados

Después de la extracción de artículos se analiza cada artículo teniendo en cuenta las preguntas de investigación del mapeo sistemático con el objetivo de realizar una discusión de las ventajas y desventajas encontradas para posteriormente generar una propuesta de mejora. De igual manera, se pretende examinar los dispositivos realizados en dichos documentos para comprender su estructura o arquitectura, datos utilizados y cómo mejoran la calidad de vida o experiencia de usuario en los sistemas.

Pregunta 1: ¿Cuáles son los datos oculares que se han utilizado en la IHC?

Los datos oculares que se consideran relevantes para las investigaciones recientes hacen mención de la pupila y el iris para la detección del ojo a través de técnicas de visión por computadora esto se muestra en los trabajos como Drakopoulos et al. (2021), Tanwear et al. (2020) y Meena et al. (2018), este tipo de detección de objetos, específicamente de los ojos, es tomada por medio de cámaras web, sensores y/o pulsos eléctricos, además se toman registros de comportamientos oculares como los movimientos sacádicos, fijaciones oculares y parpadeos para determinar dentro de árboles de decisiones un comando para crear una interacción con la computadora. Pi et al. (2020), Ryu et al. (2019), Tanwear et al. (2020), Menges et al. (2019).

Pregunta 2: ¿Cómo han sido utilizados los datos oculares en la IHC?

Una de las formas que han sido utilizados esos datos para crear una interacción es la emulación del teclado y el ratón como lo muestran en sus trabajos Meena et al. (2018), Menges et al. (2019) y Pi et al. (2020) durante este procedimiento utilizan los datos oculares en tiempo real como puntero y selección de botones virtuales, hipervínculos y desplazamiento en la computadora. Estos dispositivos que utilizan el eye tracking están especialmente dirigidos a personas con discapacidad motora, ya que las funcionalidades deben ser accesibles.

Por otra parte, las aplicaciones pueden ser muchas como, pero la mayoría de los estudios, los datos oculares se utilizan como interruptores, ya que el usuario al realizar una serie de conductas establecidas, los sistemas generan una selección en teclas virtuales, ya sea para escribir palabras o desplazarse en la interfaz. Además, existen otras aplicaciones dentro del entretenimiento: videojuegos en las que por medio de datos oculares se lleva a cabo una ejecución en el sistema y para la realidad virtual que consiste en un giroscopio virtual que controla el entorno en el que se encuentra el usuario para realizar mejor sus visualizaciones.

Pregunta 3: ¿Qué técnicas se han utilizado para detectar eventos oculares de interés?

Entre las técnicas utilizadas en los sistemas de interacción ocular se establecen de acuerdo con la finalidad y necesidades de los usuarios para traducir los datos oculares y proyectarlo en interacción es primordial generar pautas predictivas sobre el comportamiento ocular. Para Ryu et al. (2019) menciona que el seguimiento ocular es utilizado para la aplicación de escritorio y control de interfaces. Se utilizan métodos de oculografía para captación de datos oculares para después introducirlos en un controlador de comandos que detecta y clasifica de acuerdo a los grados sobre las posiciones de los ojos con movimientos sacádicos y parpadeos del comportamiento intencionado por el usuario y ejecuta un interruptor de desplazamiento en interfaces gráficas. De igual manera en Tanwear et al. (2020)

realiza, se realiza este tipo de técnicas para introducir una acción en el sistema utilizado, solo que se desarrolló un dispositivo de seguimiento ocular en forma de lente de contacto con la finalidad de que el rastreo sea más exacto, por medio de impulsos eléctricos detectados en los movimientos sacádicos eventos establecidos que interactúan con la computadora.

Para Menges et al. (2019), la aplicación interactiva recurre al ratón virtual en la que por medio de seguimiento ocular en tiempo real ubica las posiciones de los ojos en la computadora para que cuando este realice parpadeos intencionales el sistema realice una selección de comandos, es por ello que durante este analizador de comandos se introduce un código de filtrado de comportamiento ocular y de acuerdo con esto se le asigna un comando. Igualmente Pi et al. (2020), se utiliza la misma mecánica para el procesamiento de datos ya que se enfoca en la emulación de teclado virtual para personas con discapacidad motriz. Drakopoulos et al. (2021) en su dispositivo de realidad virtual utiliza una mecánica parecida a la de los autores Ryu et al. (2019) y Tanwear et al. (2020), ya se utiliza un controlador de comandos que se ejecutan en un mundo virtual, la interacción consiste en control el entorno circundante, por lo que es requerido que los datos sean captados, posicionados y ejecutados de forma inmediata.

Pregunta 4.- ¿Cuáles son los retos pendientes en la interacción con la computadora mediante los ojos?

Dentro de los retos pendientes en estos trabajos de investigación se encontró que existen algunas limitaciones como el nivel de luminosidad, ya que está afecta a la detección del ojo, además, es importante destacar que hay algunas tecnologías que no son del todo eficientes y afectan directamente a la detección de los ojos. Otros de las desventajas es la velocidad de las sacadas que pueden considerarse como datos erróneos en la toma de decisiones. Además, existe la posibilidad de que se presenten problemas de usabilidad según Pi et al. (2020), Tanwear et al. (2020), ya que algunos dispositivos requieren de entradas explícitas lo que provoca que el sistema malinterprete.

Dsicusión

Dentro de las aplicaciones realizadas en los dispositivos de interacción se pudo observar que los métodos para realizar una interacción o una ejecución de acciones en la computadora son estrictos, es decir que los usuarios deben proporcionar datos específicos para seleccionar un comando, por lo que las entradas no son muy naturales, y no se enfocan en las entradas implícitas, esto hace que las personas al utilizar los sistemas deban aprenderse las conductas, generando una posible mala experiencia en ellos y una interacción obligada, no obstante, es importante aclarar que los sistemas está enfocados a personas con discapacidad motora, en el cual tratan de resolver de la forma más efectiva la interacción con la computadora. Para crear una innovación en la tecnología interactiva ocular, es necesario mejorar en las técnicas de entrada de datos oculares y selección de comandos en los sistemas con la finalidad de optimizar los procedimientos y no restringirlos el uso a personas con discapacidad, si no también, a un público en general. Se encontraron que los contextos aplicados en estos trabajos fueron enfocados a una accesibilidad a personas con discapacidad motora y algunos trabajos hacen el esfuerzo de desarrollar sus propios dispositivos o sistemas de seguimiento ocular, ya que las que se encuentran actualmente como Tobii (herramienta de eye tracking) puede ser costosa.

Conclusiones

Para esta revisión sistemática con el enfoque la Interacción Humano-Computadora se pudo concluir que los artículos que mencionan dispositivos basados en los ojos en los últimos 5 años, tienen como objetivo principal producir elementos tecnológicos para la asistencia a personas con discapacidad motora, ya que utilizan la interacción por medio de los ojos para obtener información de lo que requiere el usuario, por lo que en la mayoría de los casos son utilizados como un método de control explícito, es decir, que requieren que los usuarios aprendan los comandos de seguimiento ocular para ejecutar alguna acción en la computadora. Sin embargo, los datos del seguimiento ocular reflejan otros aspectos de las personas como emociones, expectativas y atención visual en el uso de la tecnología, siendo una oportunidad para ampliar las aplicaciones interactivas en los diferentes dispositivos a un nivel más global y comercial. Por otro lado las aplicaciones que se han realizado aún se encuentran en investigación, por lo que aún no se pueden considerar como productos comerciales como las interfaces de voz, siendo así es necesario continuar con los estudios, pues los productos de seguimiento ocular pueden implicar costos altos pues el ojo a pesar de tener indicadores de información de los usuarios en tiempo real, pueden variar dependiendo de los tipos de usuario, siendo así, se espera en este trabajo ampliar el interés en la interacción basada en los ojos para promover su desarrollo y ampliar las aplicaciones en diversos contextos.

Referencias

Bose, J., Singhai, A., Kumar, A., & Patankar, A. A. (2016). Attention Sensitive Web Browsing.

Buscher, G., Cutrell, E., & Morris, M. R. (2009). ¿Qué ves cuando estás surfando? Using Eye Tracking to Predict Salient Regions of Web Pages. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 21–30. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518705>

Cognolato, M., Atzori, M., & Müller, H. (2018). Head-mounted eye gaze tracking devices: An overview of modern devices and recent advances. Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering, 5. <https://doi.org/10.1177/2055668318773991>

Colmenero, J. M., Catena, A., & Fuentes, L. J. (2001). Atención visual: Una revisión sobre las redes atencionales del cerebro. 17(1), 45–67.

Drakopoulos, P., Koulieris, G. A., & Mania, K. (2021). Eye Tracking Interaction on Unmodified Mobile VR Headsets Using the Selfie Camera. ACM Transactions on Applied Perception, 18(3). <https://doi.org/10.1145/3456875>

Norman, D. A. (2013). The design of everyday things (Member of the Perseus Book Group (ed.); Basic Books).

Meena, Y. K., Cecotti, H., Wong-Lin, K., Dutta, A., & Prasad, G. (2018). Toward Optimization of Gaze-Controlled Human-Computer Interaction: Application to Hindi Virtual Keyboard for Stroke Patients. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 26(4), 911–922. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2814826>

Menges, R., Kumar, C., & Staab, S. (2019). Improving User Experience of Eye Tracking-Based Interaction. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 26(6), 1–46. <https://doi.org/10.1145/3338844>

Pi, J., Koljonen, P. A., Hu, Y., & Shi, B. E. (2020). Dynamic Bayesian Adjustment of Dwell Time for Faster Eye Typing. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 28(10), 2315–2324. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2020.3016747>

Ryu, J., Lee, M., & Kim, D. H. (2019). EOG-based eye tracking protocol using baseline drift removal algorithm for long-term eye movement detection. Expert Systems with Applications, 131, 275–287. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.04.039>

Tanwear, A., Liang, X., Liu, Y., Vuckovic, A., Ghannam, R., Bohnert, T., Paz, E., Freitas, P. P., Ferreira, R., & Heidari, H. (2020). Spintronic Sensors Based on Magnetic Tunnel Junctions for Wireless Eye Movement Gesture Control. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, 14(6), 1299–1310. <https://doi.org/10.1109/TBCAS.2020.3027242>

Notas Biográficas

La **LSCA. Aileen Guadalupe Rosas Ochoa** es una estudiante de la Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario en la Facultad de Estadística e Informática en la Universidad Veracruzana en Xalapa Ver., además es egresada de la Licenciatura en Sistemas Computacionales administrativos en la Facultad de Contaduría y Administración de la UV. Sus áreas de interés son: Interacción Humano-Computadora, Diseño Centrado en el Usuario, Diseño de GUI's y Diseño de Sistemas Empresariales.

El **Dr. Edgard Benítez Guerrero** es profesor de la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana. Doctor en Informática por parte de la [Universidad Joseph Fourier](#) en [Grenoble, Francia](#). Maestro en Inteligencia Artificial por parte de la Universidad Veracruzana. Ingeniero en Sistemas Computacionales por parte de la Universidad de las Américas-Puebla. Cuenta con una amplia experiencia en el desarrollo de software. Ha publicado sus resultados de investigación en Revistas Indizadas y en Congresos Internacionales. Sus áreas de interés son: Interacción Humano-Computadora, Bases de datos, Inteligencia Artificial, CSCW.

La **Dra. Carmen Mezura-Godoy** es profesora de la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana. Doctora en Informática por la [Universidad de Savoie](#), Francia. Maestra en Inteligencia Artificial por la Universidad Veracruzana y Licenciada en Informática por el ITT. Ha publicado resultados de investigación en Revistas Indizadas y Congresos Internacionales. Sus áreas de interés son: Interacción Humano Computadora, Experiencia de Usuario, Trabajo Colaborativo Asistido por Computadora y Sistemas Multiagentes.

Modelo de Optimización para Conocer la Rentabilidad de los Cultivos de Cebada, Avena y Trigo en el Estado de Hidalgo

Dra. Francisca Santana Robles¹, Alex Priscila Hernández Espinosa², Catalina Ordoñez Zayago³, Isidro Jesús González Hernández⁴, Rafael Granillo Macías⁵

Resumen— El estado de Hidalgo es uno de los principales productores de cebada, que es materia prima para las empresas cerveceras. Los productores se enfrentan a diversos factores de riesgo para la obtención de sus cosechas, como son, sequías, heladas, plagas, entre otros. Además, el cultivo es de temporal, lo que genera el riesgo que no cumpla con la calidad requerida para su venta. Aunado a esto, se presentado un aumento en los insumos requeridos para la siembra, principalmente el costo de los agroquímicos. Lo que incrementa los costos del cultivo provocando una baja rentabilidad. En este trabajo se realiza una propuesta que busca maximizar las ganancias de los productores a partir de la identificación de los cultivos más rentables. Se utilizaron modelos de pronóstico para estimar el comportamiento de la producción y rendimiento por cultivo a partir de datos históricos reportados por SIAP, SAGARPA desde 2003 a 2021. Además, se utilizó la técnica de programación lineal para el planteamiento de un modelo de optimización para la rentabilidad de los cultivos. De acuerdo a las características del suelo y condiciones climatológicas de la región estudiada se consideraron tres tipos de cultivo para su análisis, cebada, avena y trigo. Los resultados obtenidos muestran que la avena puede ser un cultivo alternativo a la cebada y que en algunos municipios se recomienda considerar dos tipos de cultivo. Esta propuesta es novedosa, ya que, permite apoyar las decisiones de los productores al momento de decidir cómo usar sus parcelas.

Palabras clave— rentabilidad de cultivos, modelos de optimización, cadena agroalimentaria.

Introducción

En México la producción de cebada supera las 734 mil toneladas anuales siendo los estados de Hidalgo y Guanajuato los mayores productores. En el país las regiones que cuentan con las mejores condiciones para cultivar la cebada son las zonas del centro y norte del territorio nacional. La cebada es la materia prima para la producción de cerveza. México es el principal proveedor de cerveza en el mercado internacional pues representa 21.32% del valor de las exportaciones mundiales. La producción de solo el estado de Hidalgo es considerada una de las más importantes para la industria cervecer. Los principales municipios productores son Apan, Almoloya, Tepeapulco, Zempoala, Singuilucan y Cuauhtepic de Hinojosa. Sin embargo, en los últimos años la producción ha tenido variaciones considerables donde los costos de los insumos han tenido una gran variación por diferentes razones como sequías, provocando pérdida de cosechas o la aparición de la pandemia parando por completo el flujo económico (Criterio, 2023).

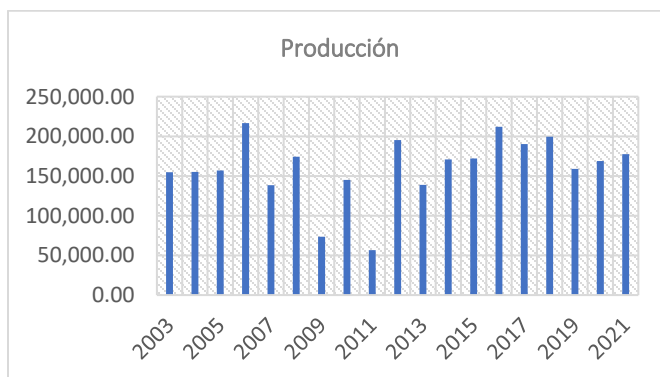


Figura 1. Histórico de producción de cebada en toneladas.

¹La Dra. Francisca Santana Robles es Profesora Investigadora de la Escuela Superior de Ciudad Sahagún de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, profe_7739@uaeh.edu.mx (**autor correspondiente**) ORCID: 0000-0002-3301-9790

²Alumna de la Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Escuela Superior de Ciudad Sahagún de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, he444818@uaeh.edu.mx

³Alumna de la Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Escuela Superior de Ciudad Sahagún de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, or359561@uaeh.edu.mx

⁴ El Dr. Isidro Jesús González Hernández es Profesor Investigador de la Escuela Superior de Ciudad Sahagún de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, igonzalez@uaeh.edu.mx

⁵ El Dr. Rafael Granillo Macías es Profesor Investigador de la Escuela Superior de Ciudad Sahagún de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, rafaelgm@uaeh.edu.mx

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la producción de los años 2003 a 2021, la mayor producción se registró en 2006 y 2016 y la menor producción en 2009 y 2011. En los últimos siete años la producción promedio fue de 181,289.22 toneladas de cebada.

Para el presente trabajo, la región de interés está conformada por los municipios de Apan, Almoloya, Tepeapulco, Zempoala, Singuilucan y Cuauhtepic de Hinojosa, que en la actualidad son los principales productores de cebada, lo que se busca es conocer otras alternativas de cultivos que sean rentables para los productores, de tal manera que no dependan cien por ciento de las empresas cerveceras.

Descripción del Método

La metodología usada fue (1) la aplicación de modelos de pronóstico para estimar la producción y rendimiento de cebada, trigo y avena en ciertos períodos futuros y (2) la propuesta de un modelo de optimización para determinar los cultivos con mayor rentabilidad para los productores.

Modelos de pronóstico

Los promedios móviles son promedios utilizados cuando la demanda no tiene tendencia o estacionalidad (Chopra y Meindl, 2013). El pronóstico de promedio móvil simple es óptimo para patrones de demanda aleatoria o nivelada donde se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque de periodos de hasta 7 días anteriores.

$$\hat{x}_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_{t-i}}{n}$$

Donde:

\hat{x}_t Promedio de la demanda en el periodo t

x_{t-i} Demanda real de los periodos anteriores a t

n Número de observaciones

Modelo de optimización

Un modelo de optimización es la representación matemática de un problema real, en el cual identificamos aspectos de la realidad y los representamos como fórmulas. Una vez representado el problema, podemos utilizar algoritmos para encontrar rápidamente las mejores soluciones (Pérez, 2019). La programación lineal es una técnica matemática que se utiliza para optimizar el rendimiento o la eficiencia de un sistema. Esta técnica es ampliamente utilizada en el mundo empresarial para resolver problemas de planificación, asignación de recursos y toma de decisiones.

Planteamiento del modelo de optimización

A continuación, se presenta el modelo matemático cuya función objetivo buscar maximizar las ganancias a partir de identificar los cultivos más rentables para la región de estudio, considerando restricciones de disponibilidad de hectáreas, de semilla y del monto a invertir.

Definición de variables

X1 = número de hectárea a cultivar de cebada
X2 = número de hectárea a cultivar de avena
X3 = número de hectárea a cultivar de trigo
y1 = precio por tonelada de cebada
y2 = precio por tonelada de avena
y3 = precio por tonelada de trigo
I = cantidad disponible a invertir
r1 = rendimiento en toneladas por hectárea para cebada
r2 = rendimiento en toneladas por hectárea para avena
r3 = rendimiento en toneladas por hectárea para trigo
c1 = costo de cultivo de cebada por hectárea
c2 = costo de cultivo de avena por hectárea

c3 = costo de cultivo de trigo por hectárea
s = costo de seguro agrícola por cultivo
h = cantidad de hectáreas disponibles por municipio
m1 = cantidad disponible a invertir en Apan
m2 = cantidad disponible a invertir en Almoloya
b1 = cantidad requerida de semilla de cebada por hectárea
b2 = cantidad requerida de semilla de avena por hectárea
b3 = cantidad requerida de semilla de trigo por hectárea
p1 = precio de semilla de cebada
p2 = precio de semilla de avena
p3 = precio de semilla de trigo
z1 = cantidad requerida de semilla de cebada por hectárea

cultivada
z2 =cantidad requerida de semilla de avena por hectárea
cultivada
z3 =cantidad requerida de semilla de trigo por hectárea

cultivada
d1 = disponibilidad de semilla de cebada
d2 = disponibilidad de semilla de avena
d3 = disponibilidad de semilla de trigo

Función objetivo

$$\text{maximizar } Z = \sum_i \sum_{ij} Y_i X_{ij} - \left(\sum_i \sum_{ij} C_i X_{ij} + \sum_i \sum_{ij} b_i P_i + \sum_i \sum_{ij} S_i X_{ij} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

Restricciones

$$\sum_j \sum_{ij} X_{ij} \leq h_i \quad \text{Ec. 2}$$

$$\sum_i \sum_{ij} C_i X_{ij} \leq I \quad \text{Ec. 3}$$

$$\sum_i \sum_{ij} b_i X_{ij} \leq d_i \quad \text{Ec. 4}$$

$$\sum_j \sum_{ij} X_{ij} = h_i \quad \text{Ec. 5}$$

Datos relevantes para el modelo

Luego de definir el modelo de optimización para maximizar beneficios. Se procede a recabar la información acerca de donde se producen los 3 cultivos estudiados en todo el estado de Hidalgo donde hasta ahora hay un total de 27 municipios para la cebada, sólo 6 para la avena de grano y 28 para trigo.

Costos de producción para cada cultivo.

Trigo grano	
Insumo	Costo
Preparación del terreno	\$6,800
Siembra	\$3,850
Fertilización	\$16,629
Riegos	\$5,800
Control de plagas, malezas y enfermedades	\$4,050
Cosecha, selección y empaque	\$3,225
Comercialización	\$3,645
Diversos	\$3,000
Total	\$46,999

Tabla 5. Costos de producción de trigo grano (fuente: FIRA 2022)

Avena grano	
Insumo	Costo
Preparación del terreno	\$2,833
Siembra	\$3,683
Fertilización	\$11,309
Riegos	\$5,320
Control de plagas, malezas y enfermedades	\$849
Cosecha, selección y empaque	\$2,925
Diversos	\$1,152
Total	\$28,070

Tabla 6. Costos de producción de avena de grano (fuente: FIRA 2022)

Cebada grano	
Insumo	Costo
Preparación del terreno	\$2,800
Siembra	\$2,760
Fertilización	\$13,842
Riegos	\$3,600
Control de plagas, malezas y enfermedades	\$4,041
Cosecha, selección y empaque	\$2,600
Diversos	\$2,900
Total	\$32,543

Tabla 7. Costos de producción de cebada grano (fuente: FIRA 2022)

En la tabla 5-7, se pueden observar el insumo directo, conformado por la semilla, y los insumos químicos; en el apartado de gastos diversos se incluye el seguro agrícola, el costo de transporte de los insumos y de la cosecha.

Para los cultivos estudiados, se establece que para sembrar una hectárea de cebada se necesitan 120 kilogramos de semilla y para el uso de maquinaria de estima que para una hectárea se tarda 2 horas en la tapadora (maquinaria de 85 caballos). En el caso de la avena se necesitan 140 kilogramos de semilla por hectárea, mientras que, para trigo, se requiere de 200 kilogramos (la información se obtuvo a partir de entrevistas a productores de la región).

Seguros

En México hay aproximadamente 500 mil hectáreas aseguradas, de las cuales el 67.2% corresponde a fondos de seguros.

Mientras que el 32.8% restante corresponde a aseguradoras privadas, según información de Agroasemex al primer trimestre del año. Un cultivo se puede asegurar después de 10 días de que la cebada haya nacido y corre el seguro hasta que la cebada sea cosechada. Dichos seguros cubren daños por granizo, heladas, sequías, inundaciones, bajas temperaturas, incendio, ondas cálidas, huracán, ciclón, tromba, tornado.

Resumen de resultados

Modelos de pronóstico

En este trabajo, se calcularon pronósticos usando el método de promedios móviles con valores de n de 2 y 4 para los promedios. Las tablas 1 y 2 muestran los valores de dos tipos de errores (valor absoluto del error MAD, promedio cuadrático del error MSD) de 7 municipios para el cultivo de cebada. Los valores en cada una de las medias de error permiten conceptualizar la cantidad del error.

Promedios móviles para Cebada cuando n=2		
Municipios	MAD	MSD
Almoloya	4.740,76	47926416,93
Apan	11.482,05	212499897,9
Cuautepec	6.584,01	61557197,24
Epazoyucan	3.371,82	16160541,01
Singuilucan	10.122,77	163990076,1
Tepeapulco	4.443,14	30642748,14
Zempoala	6.898,59	82987684,1

Tabla 1. Medidas de error para el método de promedios móviles dobles, con n = 2.

Promedios móviles n=2			
Alternativa	Municipio	MAD	MSD
Avena grano	Almoloya	365,3976471	1064455,555
	Cuautepec	102,7114706	98594,16489
	Tepeapulco	152,0070588	314048,7136
Trigo grano	Cuautepec	62,00411765	27567,25103
	Singuilucan	50,68117647	20568,99065
	Tepeapulco	61,55411765	6724,508235

Tabla 2. Medidas de error para el método de promedios móviles dobles, con n = 2.

En las tablas 1 y 2, se pueden observar los cálculos de dos tipos de error, el valor absoluto del error (MAD) y el promedio cuadrático del error (MSD), estos cálculos se realizaron para la producción de los tres casos estudiados.

Promedios móviles para rendimiento de Cebada cuando n=2		
Municipios	MAD	MSD
Almoloya	15,052.82	509814328
Apan	2,511.44	113494237.3
Cuautepec	5,318.11	180262652.4
Epazoyucan	0.45	0.2858125
Singuilucan	4,995.60	168420973.7
Tepeapulco	12,515.00	450949095.9
Zempoala	5,005.51	169093499.9

Tabla 8. Medidas de error para el método de promedios móviles dobles, con n = 2

Promedios móviles n=2			
Alternativa	Municipio	MAD	MSD
Avena grano	Almoloya	0.538235294	5.835782353
	Cuautepec	0.341176471	1.385194118
	Tepeapulco	0.304117647	3.200570588
Trigo grano	Cuautepec	0.454117647	4.298070588
	Singuilucan	0.511470588	4.981939706
	Tepeapulco	0.611176471	3.110594118

Tabla 9. Medidas de error para el método de promedios móviles dobles, con n = 2

En las tablas 8 y 9, se pueden observar los cálculos de dos tipos de error, el valor absoluto del error (MAD) y el promedio cuadrático del error (MSD), estos cálculos se realizaron para el rendimiento de los tres casos estudiados.

Resultados del modelo de optimización

Municipio	Tipo de cultivo		
	Cebada	Avena	Trigo
Almoloya		5383,87	
Apan	6488,668		4108,352
Cuautepec	4331,83		
Epazoyucan		2884,45	
Singuilucan	5539,42		
Tepeapulco			4126,27
Zempoala		6947,748	70,171

Tabla 10. Tipo de cultivo (cantidad de hectáreas por cultivo)

Para la solución del modelo se usó el software Lingo 19.0, obteniendo los datos mostrados en la Tabla 10. Al observar los resultados, hay cinco municipios donde se propone la siembra de solo un tipo de cultivo, mientras que para los restantes la combinación de dos. Para el caso de Apan que es el municipio con mayor número de hectáreas disponible, se sugieren dos cultivos; 6,488.668 hectáreas para cebada y 4,108.352 hectáreas para trigo. En el caso de la siembra de Avena, Zempoala resulto ser el más importante con la propuesta más alta de casi 7000 hectáreas.

Conclusiones

A pesar de los retos a los que se tienen que enfrentar los productores, su producción es de las más importantes en el país, la economía de esta región se basa en la venta de cebada a las empresas cerveceras. Como se sabe, este es el cultivo predominante en los municipios estudiados. Sin embargo, las alternativas que se consideraron en el modelo resultan buenas opciones también para producir. La rotación de cultivos es una buena alternativa para evitar la erosión del suelo y prevenir cultivos que cumplan con la calidad requerida. Se destaca que, la información que se usó para el modelo propuesto fueron

datos reales obtenidos de fuentes confiables. Los resultados del modelo de optimización sugieren que es redituable la siembra de los tres cultivos a pesar de las diferencias en el método de cultivo (preparación del suelo, siembra, fertilización y cosecha). Cabe resaltar que la diferencia entre la cebada y la avena es de solo 1,143.842 hectáreas y finalmente el trigo con 8,304.793. Al cosechar avena, los productores pueden aprovecharla en forraje para ganado, por lo que el riesgo de que no se venda en el mercado es bajo y para el caso del trigo se puede aprovechar para empresas panificadoras.

Referencias

- Agricultura y campo (12 de junio de 2023) ¿Cuántos kilos de trigo se necesitan para sembrar una hectárea? <https://museoagricultura.es/cuantos-kilos-de-trigo-se-necesitan-para-sembrar-una-hectarea/>
- Chopra S. & Meindl P. (2013). Administración de la cadena de suministro. México: Pearson Education
- Criterio (21 de mayo de 2023) Aumenta el precio de los insumos para producir cebada en un 300% <https://criteriohidalgo.com/noticias/hidalgo/aumenta-precio-insumos-producir-cebada-300>
- FIRA (6 de junio de 2023) Agrocostos, costos de producción, avena <https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp?q=precio++de+venta+de+avena+de+grano>
- FIRA (6 de junio de 2023) Agrocostos, costos de producción, cebada <https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp?q=precio++de+cebada+de+grano>
- FIRA (6 de junio de 2023) Agrocostos, costos de producción, trigo <https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp?q=precio++de+trigo+de+grano>
- Pérez, R. (2019) Introducción a los modelos de optimización <https://www.unipiloto.edu.co/descargas/Introduccion-a-Modelos-de-Optimizacion.pdf>
- SIAP (26 de mayo de 2023) Producción agrícola, cierre de la producción agrícola (1980-2022) <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAP (26 de mayo de 2023) Producción agrícola, Avance de siembras y cosechas resumen por estado http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

Metodología para la Detección de Fallas en Motores de Inducción a Partir del Análisis Termográfico, Eléctrico y de Vibraciones

Otoniel Serrano Rodríguez¹, Dr. Emmanuel Reséndiz Ochoa²,
Dr. Luis Alberto Morales Hernández³

Resumen—En este trabajo se propone una metodología para el diagnóstico de fallas en motores de inducción, a partir del monitoreo de condiciones, utilizando equipos especializados para el monitoreo de vibraciones, señales eléctricas y la implementación de la termografía infrarroja. Con base en el comportamiento en la operación del motor de inducción, se analizan los resultados para poder detectar las fallas presentes en el equipo. Para validar la metodología propuesta, se realiza un estudio bajo tres condiciones de operación en el motor de inducción: estado sano, y por fallas debido a balero dañado y por desalineamiento mecánico. Obteniendo resultados aceptables en cuanto a la caracterización de cada estado de referencia.

Palabras clave—Motores de inducción, diagnóstico, termografía, armónicos, vibraciones.

Introducción

Los motores de inducción son máquinas eléctricas ampliamente utilizadas en aplicaciones industriales debido a su alta eficiencia energética, fiabilidad en condiciones adversas, mantenimiento simplificado y versatilidad en diferentes tamaños y potencias (Chapman, 2015). Su capacidad para convertir eficientemente la energía eléctrica en energía mecánica reduce el consumo de energía y costos, mientras que su diseño robusto permite soportar vibraciones y cargas variables. Al hacer uso de los motores de inducción, es fundamental comprender las diferentes fallas que pueden presentarse y los efectos que estas pueden producir en el funcionamiento del motor. Entre las fallas comunes se encuentra el daño en el balero, el cual se produce debido a los altos esfuerzos y el desgaste constante al que está expuesto un motor de inducción, si no se trata, puede provocar con el tiempo un daño a otros elementos como el eje o la carcasa. Otro problema común es el sobrecalentamiento, que puede ser provocado por una carga excesiva, fricción en partes móviles como el balero o fallas en el sistema de enfriamiento. Este fenómeno puede resultar en el deterioro de los aislantes del devanado y, como consecuencia, generar cortocircuitos. De igual forma, el desalineamiento en bandas y poleas representa una causa común de falla, lo cual puede reducir la vida útil de la banda, aumentar las vibraciones y generar cargas adicionales en el rodamiento (Kumar, 2019). Comprender y abordar adecuadamente estas fallas es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo y confiable de los motores de inducción en la industria.

Para el uso de los motores de inducción en la industria, el monitoreo de las condiciones es de suma importancia para garantizar un funcionamiento confiable y prevenir fallos catastróficos. En este sentido, el análisis de vibraciones, el análisis de armónicos en corriente eléctrica y la termografía se han establecido como técnicas efectivas para detectar y diagnosticar posibles fallos en los motores. El análisis de vibraciones permite detectar cambios en los patrones de vibración del motor, lo que puede indicar desalineamiento, desgaste de rodamientos u otros problemas mecánicos (Tsytkin, 2017). Por otro lado, el análisis de armónicos en corriente eléctrica puede revelar problemas reflejados en el consumo eléctrico, como desequilibrios o distorsiones, que pueden tener un impacto negativo en el rendimiento del motor (Collins, 2008). Además, la termografía es una herramienta valiosa para identificar puntos calientes en el motor, lo que puede indicar problemas de sobrecalentamiento o problemas en el sistema de enfriamiento (Reséndiz, 2018). En conjunto, estas técnicas de monitoreo brindan una visión integral de la salud del motor y permiten detectar fallos incipientes, realizar mantenimiento preventivo y evitar costosas averías y tiempo de inactividad no planificado.

En el contexto de la manipulación de motores de inducción, el cumplimiento de normativas, como la NOM-001-STPS-2008 y la NOM-029-STPS-2011, es crucial para asegurar la seguridad de los profesionales y el correcto funcionamiento de los equipos. Estas normativas establecen requisitos de seguridad eléctrica y capacitación para los trabajadores, respectivamente. Asimismo, es fundamental que los profesionistas estén capacitados para poder comprender e interpretar los resultados que se obtienen de los equipos industriales y comerciales, para poder realizar

¹ Otoniel Serrano Rodríguez es Estudiante de Ingeniería Electromecánica con línea terminal en Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus San Juan del Río, México. oserrano22@alumnos.uaq.mx (autor correspondiente)

² El Dr. Emmanuel Reséndiz Ochoa es Profesor Investigador en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. emmanuel.resendiz@uaq.mx (autor correspondiente)

³ El Dr. Luis Alberto Morales Hernández es Profesor Investigador y Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus San Juan del Río, Querétaro, México. luis.morales@uaq.edu.mx

un análisis de condición del equipo, a partir del uso de técnicas de diagnóstico adecuadas, tales como el análisis de vibraciones, el análisis de armónicos y la termografía. Además, que al implementar normativas y una capacitación adecuada, se contribuye a la prevención de riesgos laborales, la detección temprana de fallos y la toma de decisiones de mantenimiento efectivas en beneficio de la industria.

En este sentido, se propone una metodología innovadora para la detección de fallas en motores de inducción tipo jaula de ardilla. El enfoque se basa en la utilización de equipos industriales especializados, como la termografía infrarroja, el análisis de vibraciones y el análisis de armónicos en corriente eléctrica, como métodos de diagnóstico. Se lleva a cabo el análisis en tres estados de referencia distintos: motor en estado saludable, motor con balero dañado y motor con desalineamiento mecánico. A través de pruebas se evalúa el comportamiento del motor de inducción en cada estado y se determinan los rasgos principales que indican la presencia de una falla. El objetivo fundamental de este estudio es proponer una metodología efectiva y confiable para la detección temprana de fallas en los motores de inducción, permitiendo así la implementación de acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de manera oportuna. Los resultados obtenidos a través de esta metodología proporcionarán a la industria una valiosa herramienta para mejorar la confiabilidad y el rendimiento de los motores de inducción, reducir los tiempos de inactividad y minimizar los costos asociados con las fallas imprevistas.

Metodología

Planteamiento general

A continuación, se describe la metodología propuesta para la detección de fallas en motores de inducción eléctrica, en la Figura 1 se ilustran los pasos generales que se siguen para la realización del estudio y en las subsecciones siguientes se profundiza en cada paso.



Figura 2. Planteamiento general.

Identificación del sistema a monitorear

Para la metodología propuesta en este trabajo, se realiza el monitoreo de un sistema de motores de inducción tipo jaula de ardilla de la marca WEG, con una potencia de 0.746 kW (1 Hp), alimentado a una tensión nominal de 220 V. Este sistema se acopla mecánicamente a través de poleas y una banda que se vincula a una carga simulada mediante un generador eléctrico. La operación del motor se controla mediante un variador de frecuencia, ajustando las frecuencias a 30 Hz y 60 Hz.

Se propone el análisis del motor de inducción bajo las siguientes condiciones de monitoreo: motor en estado sano, motor con balero dañado y motor con desalineamiento mecánico. La Figura 4 presenta la cadena cinemática utilizada en este estudio, junto con la matriz de experimentación. Este sistema seleccionado proporciona un entorno de prueba adecuado para investigar y detectar fallas en los motores de inducción, permitiendo así un análisis detallado de los diferentes escenarios de falla y su influencia en el rendimiento del motor.

Monitoreo de condiciones del motor de inducción

Para el monitoreo de condiciones en el motor de inducción, se implementaron diversos equipos especializados para llevar a cabo las pruebas de monitoreo. Se emplea una cámara FLIR A310 para obtener el comportamiento térmico del motor de inducción a partir de un análisis termográfico. La cámara es conectada a una computadora para el almacenamiento y análisis de las imágenes térmicas obtenidas. Para el comportamiento eléctrico del motor de inducción, se utiliza un analizador de calidad de energía Fluke 430 ii, el cual permite obtener un análisis de los armónicos de la corriente del motor, mientras que para el análisis de vibraciones, se utiliza un dispositivo Fluke 810. La Figura 3 proporciona una representación visual del banco de pruebas empleado en el estudio. Estos elementos y equipos de prueba desempeñan un papel fundamental para identificar y evaluar las condiciones de funcionamiento del motor.

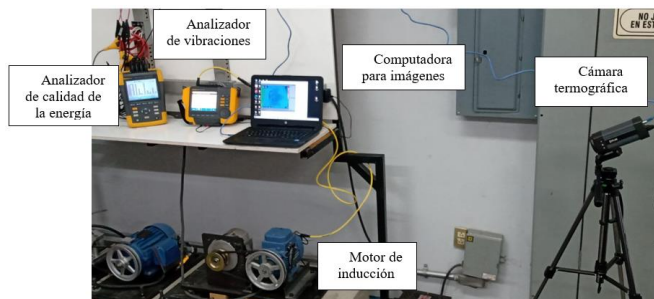


Figura 3. Banco de pruebas.

A continuación, se detalla el proceso seguido para cada prueba, considerando los diferentes métodos de diagnóstico empleados. En el análisis termográfico, se parte de una temperatura ambiente y se arranca el motor a la frecuencia de medición, capturando imágenes termográficas cada minuto a lo largo de treinta minutos, debido a que en este tiempo se observó que el motor de inducción alcanzaba su estabilidad térmica. Por otro lado, el análisis de vibraciones se realiza colocando un acelerómetro de tres ejes en dos posiciones distintas de la carcasa del motor. Se arranca el motor, se espera a completar la prueba, se apaga, se cambia la posición del acelerómetro y se repite el procedimiento. Por último, en el análisis de armónicos se utiliza un analizador de calidad de energía que requiere la instalación de amperímetros de gancho en cada línea del motor trifásico. El motor se arranca a la frecuencia correspondiente y se toman mediciones durante un minuto hasta alcanzar el estado estacionario. En la siguiente sección se presenta la información obtenida de cada análisis realizado.

Análisis e interpretación de información

Para obtener la información relevante a los resultados del trabajo se realiza la matriz experimental presentada en la Figura 4. Sin embargo, es importante destacar que el análisis de los resultados cambia según el método de diagnóstico utilizado. Cada método, ya sea el análisis termográfico, el análisis de armónicos en corriente eléctrica o el análisis de vibraciones, requiere un enfoque específico para la interpretación de los datos recopilados. A través de esta etapa de análisis e interpretación, se busca identificar patrones, tendencias y señales de alarma que indiquen la presencia de posibles fallas en los motores de inducción, es por esto que la interpretación de información y el análisis es evaluado por una persona experta y preparada para comprender la información recopilada por cada instrumento de medición, para obtener conclusiones sólidas y precisas sobre el estado de salud de los motores y proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento preventivo y acciones correctivas necesarias.

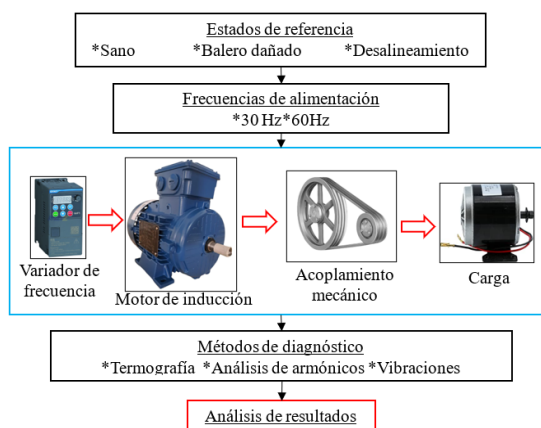


Figura 4. Matriz de experimentación

El análisis termográfico proporciona información mediante imágenes que representan la temperatura relativa de cada componente del motor. Al seleccionar un punto en la imagen, es posible conocer la temperatura específica de esa parte en particular. Estos datos, junto con la correlación del tiempo en minutos con cada imagen capturada, permiten un análisis termográfico detallado del comportamiento del motor. En la Figura 5a se muestra un ejemplo de las imágenes obtenidas durante el análisis termográfico.

El análisis de armónicos en corriente eléctrica ofrece información visual en forma de gráficos en la pantalla del analizador de calidad de energía, como se muestra en la Fig. 5b. Estos gráficos representan las frecuencias con

mayor amplitud en la señal, utilizando el orden de Fourier para su representación. De esta manera, se identifican y analizan los componentes armónicos presentes en la corriente eléctrica consumida por el motor en estado estacionario.

El análisis de vibraciones proporciona un amplio rango de información en los resultados, ya que se realizan mediciones en dos posiciones diferentes. Utilizando un acelerómetro de tres ejes, se obtienen datos de las vibraciones en los ejes axiales, tangenciales y radiales, abarcando frecuencias tanto de bajo como de alto rango. En este sentido, diversos estudios, como el de Tsytkin, M (2011), han encontrado que los fallos son más visibles en frecuencias de rango bajo. La figura 5c muestra un ejemplo de una gráfica obtenida mediante este método de análisis.

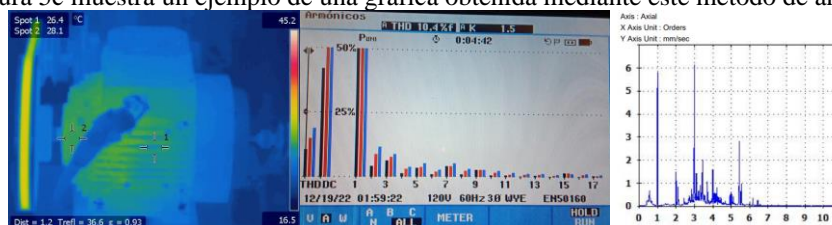


Figura 6a. Imagen termográfica. Figura 6b. Gráfica de armónicos. Figura 6c. Gráficas de vibraciones.

Análisis de resultados

Termografía

El análisis de temperatura se realiza en un entorno controlado, aproximadamente a la misma hora del día, con el objetivo de mantener condiciones comparables entre las pruebas. Entre cada prueba, se permite que el motor se enfríe adecuadamente. Para capturar los datos de temperatura, se han seleccionado estratégicamente tres puntos de monitoreo: el área del balero, el centro de la carcasa del motor y la banda. Estos puntos representan áreas críticas del motor en las que se espera encontrar variaciones significativas de temperatura. Durante el estudio, se tomaron imágenes cada minuto, sin embargo las que caracterizan de mejor manera el comportamiento de la temperatura son las siguientes: al inicio de la prueba para obtener la temperatura inicial del motor, al primer minuto para evaluar la rapidez del aumento de temperatura durante el arranque y a los treinta minutos para registrar la temperatura máxima alcanzada. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 1, donde se muestran las imágenes al inicio y al final de la prueba, y en el Cuadro 2, que presenta las temperaturas máximas registradas en cada punto del motor.

Tiempo transcurrido	Motor sano	Motor con balero dañado	Motor con desalineamiento
Estado final			

Cuadro 1. Pruebas termográficas a 30 Hz.

	Tmax. Carcasa.	Tmax. Balero	Tmax. Banda
Motor sano	26.4°	28.1°	34.6°
Balero dañado	27.6°	30.3°	34.8°
Desalineamiento	25.6°	27.4°	36.4°

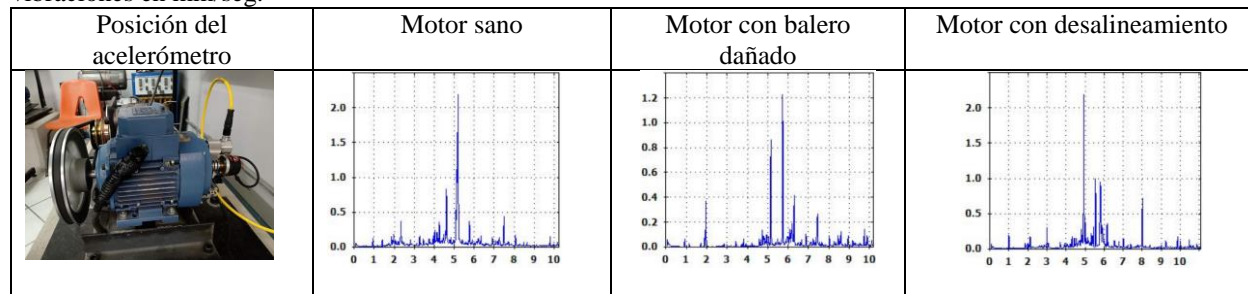
Cuadro 2. Temperaturas máximas alcanzadas a 30 Hz

A una frecuencia de 30 Hz, se pueden observar claras diferencias en el comportamiento de temperatura en cada estado analizado. En el estado de motor sano se evidencia una respuesta homogénea en el incremento de temperatura, alcanzando un máximo de 28.1 °C en el área del balero, lo cual se considera normal, ya que es el área con más fricción del motor y no se llega a una temperatura que pueda hacer daño a ningún componente. Por otro lado, en el estado de balero dañado se aprecia un aumento más pronunciado de la temperatura a medida que pasa el tiempo, llegando a una temperatura máxima de 30.3 °C en el área del balero, que aunque aún no llega a ser una temperatura dañina para el resto de componentes, es evidente el cambio respecto al estado de referencia. En cuanto al estado de desalineamiento de la banda, se observa un aumento más rápido de temperatura en la banda en comparación con los dos estados anteriores. No obstante, tanto en la carcasa del motor como en el área del balero, se registra una

disminución de la temperatura. Esto se debe a que, al existir una ligera desalineación de la banda, se genera un mayor flujo de aire que contribuye a enfriar la carcasa del motor.

Vibraciones

El análisis de vibraciones se realiza tomando como referencia las vibraciones de rango bajo de frecuencia, ya que según estudios como el de Tsytkin (2011) demuestran que es en donde se nota más la diferencia entre cada estado del motor. Se toma para el estudio la posición y el eje en que mejor se nota la diferencia de comportamientos, La posición del motor, así como las gráficas obtenidas se muestran en el cuadro 3. La frecuencia estudiada es a 30 Hz, ya que a bajas frecuencias son más evidentes las variaciones debido a fallas externas. Las gráficas muestran en el eje X los órdenes de la frecuencia mecánica principal del motor, que con una alimentación de 30 Hz gira a 1770 RPM (Medido con tacómetro), siendo una frecuencia mecánica real de 29.5 Hz. En el eje Y se muestra la magnitud de las vibraciones en mm/seg.

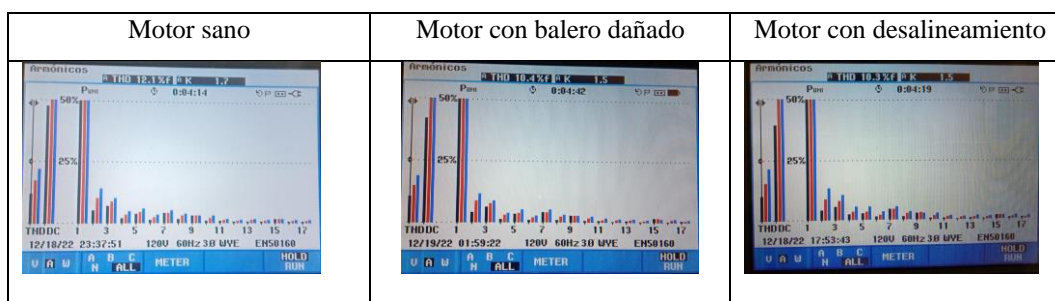


Cuadro 3. Temperaturas máximas alcanzadas a 30 Hz

Como se puede observar en la gráfica, el motor en estado de referencia, o sano, presenta la mayor magnitud en sus vibraciones en el orden 5 de la frecuencia fundamental. El motor con balero dañado, a diferencia del sano, presenta mayor dispersión en las bandas laterales de la mayor amplitud. Se observa que el pico más grande en la frecuencia es casi en el orden 6, mostrando además algunos picos en algunos órdenes siguientes. Por último, el motor con desalineamiento presenta un aumento en los órdenes de frecuencia 5, 6 y 8. En cuanto a amplitud de las vibraciones presentadas, se observa que la que menor amplitud presenta es la de balero dañado.

Armónicos en corriente eléctrica.

El análisis de armónicos en corriente eléctrica considerado para el estudio será el de 60 Hz, ya que se encontró que es en el que más se pueden llegar a notar las diferencias entre cada estado. El análisis de armónicos en corriente eléctrica representa el consumo eléctrico que tiene el motor y los armónicos que quimera en la corriente eléctrica. Las gráficas mostradas en el cuadro 4 muestran los datos recopilados en el estudio, siendo el eje X los órdenes de frecuencia de consumo del motor, siendo 1 = 60 Hz, 3 = 180 Hz, etc. En el eje Y se muestra el porcentaje de corriente que representa cada frecuencia.



Cuadro 4. Señales de armónicos en corriente eléctrica.

Se observa que las gráficas obtenidas al estudiar un motor en estado sano tienen su componente principal en la frecuencia de alimentación, siendo mayor al 50% de la corriente consumida, seguida del armónico 2, luego el 3 y así sucesivamente, siendo muy evidente que el armónico siguiente es menor al anterior en cuanto a amplitud. No así para el caso de el estudio del motor con balero dañado, en el que se observa que igualmente la componente principal está en el armónico 1, seguido del 2 y el 3, sin embargo, se observa un aumento en el armónico 5 y 7 y una disminución considerable en el armónico 4, 6 y 8. Para el caso del estudio de desalineamiento, se observa que la componente

principal está en 60 Hz, seguido del armónico 2, luego el 3, sin embargo, el 4, 5 y 7 tienen una magnitud muy similar, notándose una disminución en el armónico 6. Es importante mencionar que este comportamiento fue muy similar para el resto de pruebas realizadas, sin embargo la diferencia de magnitudes es muy pequeña y sólo puede notarse visualmente debido a la naturaleza del equipo de medición.

Conclusiones

Al estudiar el comportamiento térmico de un motor de inducción controlado por variador de frecuencia con arranque progresivo, se observa que el aumento de temperatura puede ser utilizado como método de diagnóstico para las fallas analizadas. Un incremento gradual, uniforme y sin alcanzar temperaturas excesivas indica un estado saludable del motor. Un aumento acelerado de temperatura, concentrado en la zona del rodamiento, sugiere un posible fallo en el balero. Por otro lado, una temperatura moderada y constante señala la necesidad de verificar el estado de la correa. Si se produce un cambio abrupto en la temperatura, con una elevación de al menos 1.5° por encima de lo normal, podría indicar un desalineamiento en la polea de transmisión.

En relación al análisis de vibraciones, se observa que, en un motor sin fallas, la frecuencia principal muestra la mayor amplitud. Cuando hay un fallo en el balero, se observa un aumento en las componentes de frecuencia cercanas a la principal, conocidas como bandas laterales. En casos de desalineamiento, se pueden detectar componentes de frecuencia elevada en los órdenes superiores, similar al comportamiento de armónicos de corriente.

En cuanto al análisis de componentes armónicos en la corriente eléctrica, se determina que en un motor en buen estado, los armónicos muestran una disminución uniforme en su amplitud, como se refleja en los resultados del análisis. En presencia de un fallo en el balero, se observan variaciones en el consumo de corriente armónica, especialmente en los componentes 5 y 7, con una disminución en el componente 6. En el caso de un desalineamiento en la banda, también se detecta un patrón similar en el consumo de corriente armónica, con magnitudes constantes en los órdenes armónicos del 5 al 8.

Los resultados indican que el análisis termográfico es el método más práctico, visible y replicable para el diagnóstico de fallas mecánicas en motores de inducción. El análisis de vibraciones también proporciona información útil para detectar fallas, aunque requiere un enfoque más específico. Por otro lado, el análisis de armónicos en la corriente eléctrica no se recomienda ampliamente para estudiar fallas mecánicas, ya que las diferencias en el consumo de corriente son mínimas, a menos que la falla sea catastrófica.

En caso de que se desee continuar la investigación, se recomienda ampliamente estudiar más a profundidad el análisis de vibraciones, ya que la información extraída de este tipo de análisis es muy extensa y puede llegar a revelar información más detallada sobre los estados de referencia al estudiar el motor de inducción.

Referencias

J. Chapman, "Máquinas eléctricas" *Mc Graw Hill Co.*, 5ta Ed. 2012.

E. R. Collins, J. R. Shirley and J. C. Fox, "An experimental investigation of third harmonic current distortion in single-phase induction motors," 2008 13th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Wollongong, NSW, Australia, 2008, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICHQP.2008.4668868.

S. Kumar, D. Mukherjee, P. K. Guchhait, R. Banerjee, A. K. Srivastava, D. N. Vishwakarma, and R. K. Saket, "A comprehensive review of condition based prognostic maintenance (cbpm) for induction motor " *IEEE*, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019.2926527, July 2019.

Norma Oficial Mexicana, Secretaría del Trabajo y Previsión Social "NOM-001-STPS-2008" *Diario Oficial de la Federación*, 24 de Noviembre de 2008.

Norma Oficial Mexicana, Secretaría del Trabajo y Previsión Social "NOM-029-STPS-2011" *Diario Oficial de la Federación*, 29 de diciembre de 2011.

M. Otero, P.M. de la Barrera, G.R. Bossio y R. Leidhold "Aplicación de una estrategia activa de detección de fallas en motores de inducción accionados por variadores de velocidad comerciales " 27° Congreso Argentino de Control Automático AAECA'20 Virtual, Universidad Nacional del Río Cuarto, Octubre de 2020.

E. Resendiz, R. Osornio, J. Primo, R. Romero, L. Morales, "Induction Motor Failure Analysis: An Automatic Methodology Based on Infrared Imaging " *IEEE*, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2018.2883988, November 2018.

M. Tsympkin, "Induction motor condition monitoring: Vibration analysis technique - A practical implementation," 2011 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), Niagara Falls, ON, Canada, 2011, pp. 406-411, doi: 10.1109/IEMDC.2011.5994629.

Caso de Estudio de Manufactura Inteligente (Gemelos Digitales)

Dr. Isaías Simón-Marmolejo¹, Dr. René Cruz-Guerrero², Dr. Isidro J. González-Hernández³
C. Gilberto Hernández Franco⁴, C. Jaime Huerta Lugo⁵

Resumen—El caso de estudio propuesto discute la integración de una arquitectura específica en diferentes niveles de control, soportada por un sistema de múltiples agentes, así como estándares internacionales en automatización. El objetivo de la presente investigación es comunicar funcionalmente un modelo de entorno virtual con un sistema físico, partiendo del concepto holónico. Los resultados muestran que, al hacer uso de una arquitectura multinivel, es posible fomentar un entorno de comunicación síncrono capaz de monitorear y controlar en tiempo real las necesidades de los agentes inteligentes para indicar actividades de control estratégico sobre el estado de los recursos físicos de un tablero conectado con un controlador lógico programable propiedad de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Palabras clave—Sistemas de fabricación inteligentes, sistemas de fabricación holónicos, sistemas ciberfísicos, sistemas de eventos discretos.

Introducción

Los problemas de control en automatización de los sistemas de fabricación son cada día más complejos. Generalmente, una gran cantidad de actuadores y sensores en tales sistemas trabajan juntos como una red de diferentes dispositivos. Los últimos avances en investigación y desarrollo muestran que estos dispositivos se están volviendo inteligentes, lo que significa que pueden realizar tareas de forma autónoma. Para dominar la complejidad de estos dispositivos altamente interconectados y colaborativos, se necesitan métodos y conceptos avanzados durante todo el ciclo de vida (planificación/ingeniería, operación, entre otros), (Strasser y Colombo, 2016). Por ello, se están integrando nuevos modelos en toda la gama de actividades de fabricación, desde la recepción de pedidos hasta el diseño, pasando por la producción y la comercialización, como las basadas en entidades inteligentes. Un caso particular son los llamados Sistemas de Fabricación Holónicos (HMS, Holonic Manufacturing Systems), que se definen como software de entidades autónomas e inteligentes (Cruz et al. 2019), creadas y modificadas dinámicamente para adoptar diferentes estructuras en condiciones de operación normal y de emergencia (Botti y Giret 2008). Este tipo de sistemas están integrados por holones capaces de comportarse de manera autónoma, cooperativa, autoorganizada y reconfigurable (Christensen, 1994).

Los holones dotados de las habilidades antes mencionadas deben estar informados del conocimiento cambiante del entorno circundante y necesitan un mecanismo de comunicación para cooperar (Araúzua et al., 2015), Simón-Marmolejo et al., 2018).

Crear un entorno de comunicación implica que los holones puedan conocer y gestionar descripciones del estado del mundo exterior, que consisten en una representación dinámica del entorno, y de otros holones con los que comparten ese entorno. El modelo correspondiente del estado del mundo (holon-recursos físicos/virtuales) y el modelo social (interholon) se consideran modelos estructurales, que eventualmente pueden ser representados por tareas globales o metas a alcanzar, e información sobre el grado de logro (Shen, 2000).

Por lo tanto, las estrategias de colaboración que apoyen el trabajo cooperativo entre los componentes individuales de una holarquía son necesarias para lograr objetivos globales mediante la combinación de capacidades de decisión y acción, lidiando dinámicamente con perturbaciones y cambios inesperados en el entorno operativo del sistema (Giret y Botti, 2004).

El principal objetivo de este documento es proporcionar una breve descripción de la capa de control en tiempo real que soportan los sistemas basados en agentes al intentar comunicarse. Se enfatiza el uso de estándares internacionales y la descripción de posibles enfoques en el campo de los Sistemas de Control y Medición de Procesos Industriales (IPMCs, Industrial Process Measurement and Control Systems).

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. El Marco Teórico, proporciona una breve introducción a la idea de utilizar sistemas holónicos para un agente industrial y analiza sus requisitos más

¹ El Dr. Isaías Simón-Marmolejo es Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. isaiasm@uaeh.edu.mx (autor correspondiente)

² El Dr. René Cruz-Guerrero es Profesor del Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. rcruz@itesa.edu.mx

³ El Dr. Isidro J. González-Hernández es Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. igonzalez@uaeh.edu.mx

⁴ El C. Gilberto Hernández Franco es Alumno del Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. 18030244@itesa.edu.mx

⁵ El C. Jaime Huerta Lugo es Alumno de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. hu421041@uaeh.edu.mx

importantes. En la Metodología, se presenta la técnica usada para crear la capa de control basada en dos importantes estándares de automatización definidos por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, International Electrotechnical Commission) -IEC 61131-3 e IEC 61499. En Resultados, se proporciona un caso de estudio para cada uno de los enfoques, y finalmente, se dan las conclusiones.

Marco teórico

Sistemas Holónicos

El concepto holónico fue propuesto en la obra del autor y filósofo húngaro Arthur Koestler en 1967, quien intentó captar el comportamiento de los sistemas complejos, considerándolos como un todo y al mismo tiempo como una parte (Nahmias, 2013 y Koestler, 1967). Para describir una unidad básica de la organización en los sistemas biológicos y sociales, Koestler inventó la palabra "holon", que proviene de la combinación de la palabra griega "holo", que significa todo o todo, y el sufijo "sobre", que expresa un parte de una partícula, los holones se comportan "en parte como totalidades y completamente como partes", Koestler también propuso el concepto de jerarquía abierta (OEH, Open-Ended Hierarchy) o jerarquía indefinida como una arquitectura formada por holones, llamada holarquía (Babiceanu y Chen, 2006).

Una holarquía es un conjunto de holones que pueden cooperar para lograr una meta o un objetivo; define reglas básicas para su cooperación, limitando su autonomía. Una de sus características más llamativas es que su estructura puede adaptarse y optimizarse constantemente, ofreciendo una gran versatilidad a los cambios que se pueden desarrollar en el entorno. Algunas de las cualidades holónicas son la autonomía, la reactividad, la proactividad, la cooperación, la reorganización, la racionalidad, el aprendizaje, la recursividad y el procesamiento físico.

Los elementos que componen un holón son, "cuerpo", en el que se desarrollan los procesos de transformación, transporte, almacenamiento (realizados por reactores, compresores, almacenes, etc.); "cabeza", aquí los procesos de toma se desarrollan a partir de decisiones de producción basadas en el conocimiento del proceso productivo y de los recursos (hombres y máquinas); y "cuello", esta es la interfaz entre el "cuerpo" y la "cabeza", es toda la infraestructura de telecomputación que almacena, soporta y transporta información. En relación con este último, frecuentemente se hace uso del protocolo de control de transmisión (TCP, Transmission Control Protocol) y del protocolo de internet (IP, Internet Protocol) para la comunicación de datos digitales. TCP/IP se clasifica funcionalmente a nivel de red según el modelo de sistema de interconexión abierta (OSI, Open Interconnection System).

B. Arquitectura de control holónico adaptable

En este mismo sentido, pero desde otro punto de vista, el modelo de concepción de un holón genérico de ADACOR (ADaptive holonic COntrol aRchitecture) muestra un dispositivo de control lógico (LCD, logical control device) y un recurso físico capaz de realizar la operación de fabricación [13]. El dispositivo LCD está organizado en tres componentes principales: comunicación (ComC, CommuniCation), decisión (DeC, DeCision) e interfaz física (PIC, Physical Interface), (Barbosa et al., 2006).

El componente de comunicación es responsable de la interacción entre holones al respaldar el intercambio de conocimiento local por holones distribuidos. El componente de decisión regula el comportamiento de cada holón (detección, decisión, acción y aprendizaje). Así, el holón está continuamente disponible para tomar una decisión de acuerdo con el conocimiento disponible y la técnica de toma de decisiones implementada. El conocimiento se adquiere a través de la detección del entorno y la llegada de mensajes de otros holones.

Tras tomar una decisión, se envían y ejecutan las acciones seleccionadas, en forma de comandos para actuadores, mensajes para otros holones o ejecución de procedimientos. Se evalúan los resultados de las acciones ejecutadas y se genera nuevo conocimiento. El conocimiento debe ser almacenado. Finalmente, el componente de interfaz física tiene como objetivo proporcionar mecanismos para soportar la integración de recursos basados en el concepto de recursos virtuales y el modelo cliente-servidor. De lo anterior, el compartir información entre holones, tanto de sus habilidades como del conocimiento del entorno que les rodea, les permite desarrollar sistemas estructurales complejos estables y autosuficientes; también utilizan eficientemente los recursos y son robustos frente a perturbaciones tanto internas como externas (Leitão y F. Restivo, 2006 y Unland, 2015).

Metodología

Interfaz

Interconectar un sistema holónico desarrollado sobre una plataforma JADE (Java Agent DEvelopment framework) bajo tecnología MAS (Multiple Agent System) con un modelo de simulación de eventos discretos, donde se puede visualizar la emulación de una línea de producción con la finalidad de tomar decisiones para

desarrollar e innovar una unidad de control distribuida y descentralizada que admita la reorganización de holones ante una serie de perturbaciones implica un procedimiento particular. Estas circunstancias hacen que valga la pena simular los aspectos físicos de los flujos de materiales en los CPPS (Cyber-Physical Production Systems), (Glatt y Aurich, 2019).

En intención de hacer un ejercicio a lo antes dicho, se presenta un caso de estudio que hace uso de una adaptación de la interfaz de comunicación basada en agentes propuesta por Vrba et al., (2011). Consulte la figura 1.

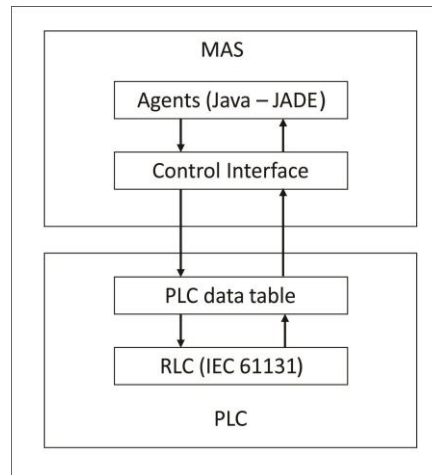


Figure 1. Interfaz de comunicación basada en agentes de dos niveles (Vrba et al., 2011).

La interacción que se muestra en la Figura 3 incluye dos niveles de comunicación, el nivel superior es un sistema basado en agentes (JADE) que interactúa con una interfaz de control; en cambio, el nivel inferior observa la inclusión de un PLC (Programmable Logic Controller) en comunicación con un RLC (Reactive Layer Control), que se basa en IEC 61131 (International Electrotechnical Commission). El sistema anterior permite que el MAS envíe solicitudes al RCL, quien procesa la información y envía un mensaje de respuesta adecuado.

Además de la metodología empleada, se llevan a cabo las siguientes acciones de investigación:

- Análisis y comprensión del modelo HMS (plataforma MAS) con el que cuenta la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH).
- Emulación de una línea de producción mediante la simulación de eventos discretos para integrar y visualizar su comportamiento en la tercera dimensión.
- Creación de código capaz de interconectar el sistema MAS con el simulador de eventos discretos para establecer un ambiente de comunicación adecuado entre estos últimos sistemas.
- Experimentación con un modelo básico con diferentes intervalos de tiempo para confirmar la viabilidad del sistema de control.

Resultados

Durante la revisión preliminar del estado del arte se observan: estrategias de control en tiempo real basadas en eventos y procesamiento de información distribuida. Las dos características descritas anteriormente hacen posible que HMS altere la configuración de las máquinas y los cronogramas de producción de acuerdo con las necesidades inmediatas e inherentes, lo cual es importante ya que esto permite el manejo de fallas en los equipos, la reprogramación en tiempo real, etc., logrando así un sistema de fabricación suficientemente ágil para hacer frente a cambios inesperados (Oztemel, 2010). Para probar lo anterior, los casos de estudio muestran que el control en tiempo real es posible utilizando el procesamiento de información distribuida que generan ambos sistemas (sistema físico y emulador virtual).

A. Modelo I

En esta prueba se muestra una conexión básica entre el sistema de control físico (PLC de marca Allen-Bradley) y el software FlexSim, realizando una configuración sencilla para la interacción entre la capa de control reactivo (componentes físicos representados en FlexSim) y los elementos de control del sistema físico (control físico), Figura 2.

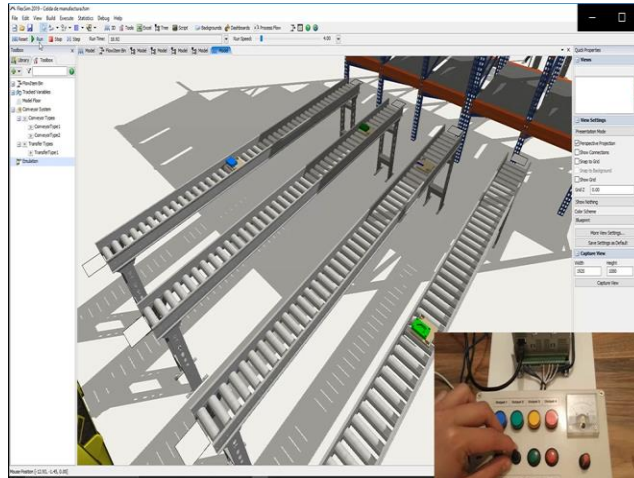


Figura 2. Modelo FlexSim básico, PLC y teclado de control.

El modelo permite controlar el funcionamiento de los transportadores para manipular el flujo de objetos en tiempo real. Además de lo anterior, en caso de que exista algún problema en la línea de producción (fallo de equipos, productos defectuosos, etc.), los botones se iluminan indicando una incidencia; luego de la solución indicada por el operador, el sistema reanuda operaciones sin mayores contratiempos.

B. Modelo II

Después de haber diseñado el modelo virtual de la línea de producción con el software de simulación FlexSim, se creó el código fuente en JADE, el cual actúa como un cliente de red y transmite mensajes que provienen de la parte física emulada (recursos: fuentes, transportadores, almacenes, entre otros) al MAS, y viceversa. Los agentes del sistema emiten mensajes con la intención de crear un entorno de comunicación entre ambos sistemas. La Figura 3 muestra el modelo propuesto, donde la comunicación entre el MAS y el modelo de simulación (FlexSim) se realiza en modo síncrono, tal como se establece en las referencias (Vrba et al., 2011, Oztemel, 2010, Liraviasl et al., 2015). De manera similar, el agente emisor actúa como un enrutador y asegura que los mensajes recibidos del entorno lleguen al agente al que están destinados, semejante a lo que se dice en (Galland y Gaud, 2014 y Galland et al. 2014).

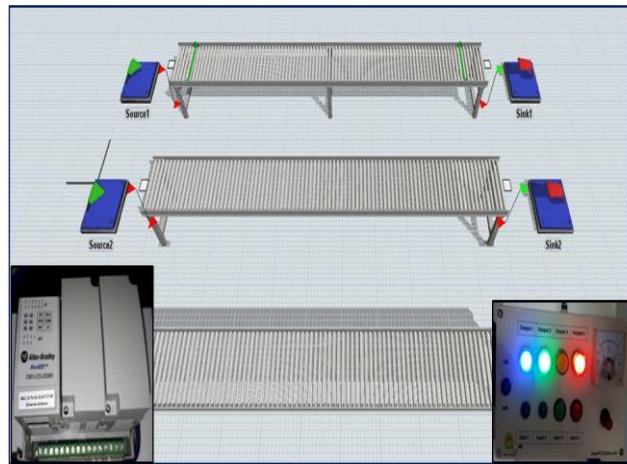


Figura 3. Modelo en FlexSim y sistema de control con PLC.

La comunicación entre los agentes, el modelo virtual y el recurso físico, se realiza a través de una red Ethernet utilizando TCP/IP (transmission control protocol/internet protocol) con el lenguaje de comunicación FIPA-ACL (Foundation for Intelligent Physical Agents- Unified Modeling Language). Figura 4.

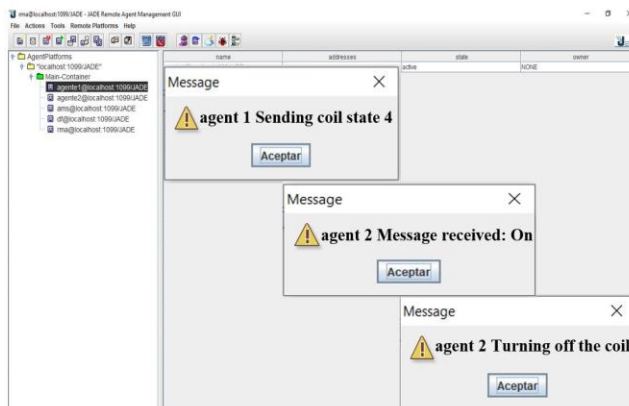


Figura 6. Interacción de Agentes en JADE.

Los casos de estudio muestran que el control en tiempo real es posible utilizando el procesamiento de información distribuida que generan ambos sistemas (sistema físico y emulador virtual).

Conclusiones

En intención de validar el modelo de comunicación se hicieron diferentes corridas de simulación de las cuales se tiene como conclusión que es posible mantener un conocimiento dinámico del entorno que rodea a los sistemas en estudio, se observa que la semántica de los mensajes intercambiados entre ellos es consistente. Los resultados de la investigación amplían el entendimiento y uso de un protocolo de comunicación específico entre un sistema físico (PLC, botonera) y un sistema virtual. El protocolo de comunicación desarrollado en las diferentes pruebas garantiza la interacción de los recursos por medio de una red industrial típica, basada en TCP/IP. Así mismo, es prudente comentar que el modelo desarrollado en este documento tuvo como base arquitecturas y normas internacionales mismas que fueron propuestas con la finalidad de permitir que diferentes empresas las adopten.

Fueron alcanzados los objetivos planteados al inicio del presente documento, se comprobó el uso de la metodología referida y se establecieron las bases hacia investigaciones futuras respectivas a MAS y HMS capaces de ejercer control en tiempo real sobre los sistemas de manufactura inteligentes, así como su aplicación en Sistemas Ciber-Físicos.

Limitaciones

Este trabajo permitió determinar la estrategia de control para sistemas de manufactura simples, por lo que será posible una eventual mejora en la implementación de sistemas de control reactivos, la propuesta puede adaptarse y/o mejorarse para su aplicación a nuevos casos de estudio en Manufactura Inteligente, donde se aproveche el máximo beneficio de la transformación digital que conlleva la Industria 4.0, los Gemelos Digitales y los Sistemas de Manufactura Holónicos. Así, el proyecto presentado en este documento seguirá escalando en temas relacionados con:

- Reconfigurabilidad.
- Robustez del sistema.
- Velocidad de respuesta.
- Adaptabilidad y portabilidad de los aplicativos.

Referencias

- T. Strasser y A. W. Colombo, "Smart Agents in Industrial Cyber-Physical Systems," Proceedings of the IEEE, 2016.
- L. A. Cruz, D. Ryashentseva, A. LüderBirgit y B. Vogel, "Cyber-physical production systems architecture based on multi-agent's design pattern—comparison of selected approaches mapping four agent patterns," Springer., The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019.
- G. Botti y A. Giret, "Holonc manufacturing systems," in ANEMONA, A multi- agent methodology for holonic manufacturing systems., D.T. Pham, Ed. Springer: Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC), ISBN 978-1-84800-309-5. 2008.

- J. Christensen, "Holonc Manufacturing Systems - Initial Architecture and Standard Directions," In: Proceedings of the First European Conference on Holonic Manufacturing Systems., Hannover Germany, 1994.
- J. A. Araúz, R. Martínez, J. J. Laviós, y J. J. de-Benito, "Programación y control de sistemas de fabricación flexibles: un enfoque holónico," Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol. 12, No. 1, 2015.
- Simón-Marmolejo, Omar López-Ortega, L.E. Ramos-Velasco y M. Ortiz-Domínguez. Ontología Unificada para un Sistema Holónico de Manufactura. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. Vol. 15, pp. 217-230, 2018,
- W. Shen, D. Norrie, y J. Barthes, "Multi-agent Systems for Concurrent Design and Manufacturing," Taylor and Francis, Albuquerque NM, 2000.
- A. Giret, and B. Botti, "Holons and agents," Journal of Intelligent Manufacturing., Kluwer Academic Publishers., Manufacturing in The Netherlands, Vol. 15, 645-691, 2004.
- S. Nahmias, "Production and operations analysis," in 6ta Revised edition. London, Ed. McGraw-Hill Higher Education, pp. 736, 2013.
- A. Koestler, "The ghost in the machine," Arkana. 1967.
- R. F. Babiceanu y F. F. Chen, "Development and applications of holonic manufacturing systems: a survey," Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 17, No. 1, 2006.
- J. Barbosa, P. Leitao, E. Adam y D. Trentesaux, "Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution," Computers in Industry, vol. 66, pp. 99-111, 2015.
- P. Leitão y F. Restivo, "ADACOR: a holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control," Computers in industry. Vol. 57, No. 2, 2006.
- R. Unland, "Industrial agents," En: P. LEITÃO, KARNOUSKOS, S. (Eds.), Industrial agents: Emerging application of software agents in industry. 1st ed. Amsterdam, Netherlands: Punithavathy Govindaradjane. ISBN 978-0-12-800341-1. pp. 23-44, 2015.
- M. Glatt, y J. C. Aurich, "Physical modeling of material flows in cyber-physical production systems," Procedia Manufacturing. Vol. 28, 2019.
- P. Vrba, P. Tichý, V. Marík, K. H. Hall, R. J. Staron, F. P. Maturama, P. Kadera y Rockwell "Automation's holonic and multiagent control systems compendium," IEEE Trans. Syst. Man Cybern., C Appl. Rev. Vol. 41, No. 1, 14-30. 2011.
- E. Oztemel, "Intelligent manufacturing systems," En: BENYOUCEF L., GRABOT B. (Eds.), Artificial Intelligence Techniques for Networked Manufacturing Enterprises Management., Springer Series in Advanced Manufacturing. Cardiff, United Kingdom, ISBN 978-1-84996-118-9. pp. 1-41, 2010.
- K. K. Liraviasl, H. Elmaraghy, M. Hanafy y S. N. Samy, "A Framework for Modelling Reconfigurable Manufacturing Systems Using Hybridized Discrete-Event and Agent-based Simulation," IFAC-PapersOnLine. Vol. 48, No. 3, 2015.
- S. Galland, y N. Gaud, "Holonc Model of a Virtual 3D Indoor Environment for Crowd Simulation," In Proc. of International Workshop on Environments for Multiagent Systems (E4MAS14), IFAAMAS, Paris, France, Springer, 2014.
- S. Galland, F. Grimaud, P. Beaune y J. P. Campagne, "Méthodologie pour la simulation de systèmes industriels complexes distribués au travers d'une étude de cas," In Proc. of the 4th Conference "Génie Industriel," Aix-en-Provence, Marseille, Ajaccio (France). Vol. 2, 2001.

Notas Biográficas

El **Dr. Isaias Simón Marmolejo** recibió el grado de doctor en Manufactura Avanzada por CIATEQ, México. Sus principales intereses de investigación incluyen Sistemas de Fabricación, Sistemas Holónicos, Inteligencia Artificial y Simulación de Eventos Discretos. Es autor del libro "Un primer paso para la simulación con FlexSim" publicado por la prestigiosa empresa internacional FlexSim Software Inc., en los Estados Unidos de América.

El **Dr. René Cruz Guerrero** recibió el grado de doctor en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Actualmente es profesor investigador en el Instituto Tecnológico ITESA. Sus principales intereses de investigación incluyen Inteligencia Artificial, Agentes Inteligentes, Big Data y Aprendizaje Profundo.

El **Dr. Isidro Jesús González Hernández** obtuvo el doctorado en Planificación Estratégica y Gestión de Tecnología de la UPAEP. Actualmente es profesor e investigador de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Sus líneas de investigación están relacionadas con el Diseño, Simulación y Optimización de la Cadena de Suministro, Procesos Logísticos y Sistemas de Fabricación.

El C. Gilberto Hernández Franco es Alumno de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.

El C. Jaime Huerta Lugo es Alumno de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.

Detector Remoto de Sobrecorriente

Ing. Manuel Duvan Torres González¹, M.C. Aarón González Rodríguez²,
Dr. Pedro Martín García Vite³, M.C. Rafael Castillo Gutiérrez⁴

Resumen—El diseño del proyecto consta de un sensor de corriente de efecto hall que permita medir el consumo de corriente que pase por un cable en un circuito que alimenta a una carga determinada sin realizar una desconexión de equipo. Este circuito se puede programar para detectar una determinada corriente crítica y cuando esta se rebasa se envía una señal de advertencia a través de un transmisor de radiofrecuencia. En otro circuito distante del primero se dispone de un elemento receptor de RF, que, al recibir la señal de advertencia, activa una alarma sonora, que previene al usuario evitar conectar más carga, así como que el interruptor protector de la carga se active y ocurra una indeseable desconexión.

Palabras clave—Sensor de efecto Hall, Transmisor, Radiofrecuencia, Receptor, Alarma.

Introducción

El constante crecimiento en la demanda de poder llevar un monitoreo en el consumo de corriente de un circuito eléctrico presenta una oportunidad de desarrollar un sistema de alarma cuando se alcance un valor establecido enviando información desde el punto de medición hasta el elemento receptor a distancia por conexión inalámbrica.

Tener un conocimiento en lo relacionado al consumo instantáneo de la corriente eléctrica es muy útil para conocer que no existen posibles riesgos de desconexión de los aparatos al sistema eléctrico de las viviendas. De esta manera, se puede gozar de hacer un análisis rápido que garantice tener la certeza que la instalación eléctrica se encuentra funcionando adecuadamente.

De manera habitual, en las habitaciones donde las personas se encuentran realizando sus actividades, ocurre que por necesidad de utilizar varios dispositivos eléctricos que realizan un consumo de energía eléctrica, inesperadamente por desconocimiento se sobre pasa el límite de amperaje permitido por parte del equipo eléctrico de protección que garantiza un funcionamiento óptimo y seguro, haciendo que dispositivos de interrupción actúen para resguardar al resto de la instalación eléctrica de posibles daños.

Además de interpretar que este accionamiento por parte de los interruptores se puede evitar por medio de un sistema de alarma, también, en ocasiones, según el diseño del inmueble, el lugar donde se encuentra el equipo para realizar el restablecimiento puede no tener un fácil o rápido acceso para regresar a la condición normal u origen y restablecer de energía las instalaciones eléctricas con los equipos conectados a ella.

Las fallas generadas por sobrecargas que derivan en una desconexión innecesaria de equipo, es una de las situaciones más comunes dentro de los tipos de interrupciones eléctricas. De manera que, el sistema que se propone garantizará disminuir estos problemas mediante el monitoreo y notificación de alarma al usuario de manera remota al lugar donde se realiza la medición central de los circuitos eléctricos de la instalación.

Metodología

Circuito Sensor y transmisor

Para la realizar la medición de corriente que se está consumiendo en el conductor del circuito se emplea un módulo que contiene un sensor de efecto hall modelo WCS1800 35A el cual es un sensor de corriente no invasivo para corriente alterna (o corriente directa), con protección contra excesos de corriente, y un circuito integrado doble amplificador operacional 4326EUA (o en otros modelos el MCP602). Cuenta con las siguientes especificaciones:

- Voltaje de alimentación: 5V.
- Corriente máxima medida: 35A AC.
- Resolución de la corriente: 60mV/A.

¹ Ing. Manuel Duvan Torres González es aspirante al grado de Maestro en Ingeniería Eléctrica en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. duvantg@outlook.es (autor correspondiente)

² M.C. Aarón González Rodríguez es Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. aaronglzrod@yahoo.com.mx

³ Dr. Pedro Martín García Vite es Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. nitramgv@hotmail.com

⁴ M.C. Rafael Castillo Gutiérrez es Profesor Investigador y coordinador de Maestría en Ingeniería Eléctrica de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. rafael.cg@cdmadero.tecnm.mx

- Incluye comparador para salida digital.

En la figura 1 se presenta el módulo físico del sensor con su circuitería interna.

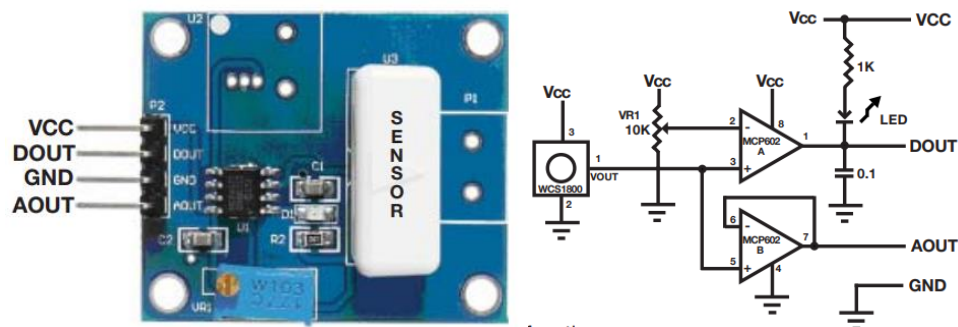


Figura 1. Sensor WCS1800 35A

La salida digital genera una onda rectangular de frecuencia 60 Hz de pulsos eléctricos que van de 0 a 5v, una vez ajustado el sensor por medio de su potenciómetro a un valor determinado de límite de corriente, cuando se agrega carga superando este valor, el ancho de pulso en nivel alto disminuye.

Para obtener un valor de cd igual al voltaje promedio de la onda rectangular modulada en ancho de pulso, se utilizaron cuatro filtros RC en cascada para eliminar los componentes armónicos de la señal rectangular, obteniéndose en la salida del último filtro un valor promedio el cual se puede presentar de dos maneras:

- Con corrientes por debajo del valor de ajuste del sensor, valor promedio alto.
- Con corrientes por encima del valor de ajuste del sensor, valor promedio bajo.

El valor promedio alimenta a la terminal inversora de un amplificador operacional configurado como comparador de voltajes, que se compara con un voltaje de referencia que se adecúa a un valor deseado, teniendo en consecuencia los siguientes escenarios posibles:

- Un valor promedio alto (con una corriente inferior al límite establecido) será mayor con respecto al voltaje de referencia y el comparador se satura negativamente.
- Un valor promedio bajo (con una corriente superior al límite establecido) será menor con respecto al voltaje de referencia y el comparador de satura positivamente.

La salida del comparador tendrá dos opciones por la cuales, de acuerdo con lo anterior planteado, el voltaje de salida se aplicará por medio de un diodo en serie con una resistencia, para llegar posteriormente a la entrada de control de voltaje de un timer 555 conectado como oscilador astable.

De acuerdo con la configuración del modo de operación del oscilador astable y la configuración interna de timer 555, el condensador externo de 0.01uF se va a estar cargando y descargando, buscando igualar el valor de voltaje de la fuente una y otra vez, de manera que, todo el tiempo que se esté cargándose la salida del 555 va a estar en nivel alto y todo el tiempo que este descargándose va a estar en nivel bajo. Por lo tanto, de acuerdo con los dos posibles escenarios que se vienen planteando anteriormente, se tendrán las siguientes señales de salidas en el oscilador astable:

- Condiciones sin sobrecarga:
Valor promedio alto, el comparador se satura negativamente (-5V) que son recibidos en la terminal 5 del timer 555, con este voltaje el condensador se carga y descarga a un valor de voltaje más pequeño, produciendo que en la salida del oscilador astable se tenga un periodo de tiempo (T) pequeño y frecuencia alta (f) de 5 kHz.
- Condiciones con sobrecarga:
Valor promedio bajo, el comparador se satura positivamente (+5V) que son recibidos en la terminal 5 del timer 555, con este voltaje el condensador se carga y descarga a un valor de voltaje más grande, produciendo que en la salida del oscilador astable se tenga un periodo de tiempo (T) grande y frecuencia baja (f) de 3 kHz.

Esta señal pulsante pasa por una capacitancia para hacerla llegar a la entrada (terminal 2) de un transmisor de radiofrecuencia modelo TLP434A que se muestra en la figura 2.

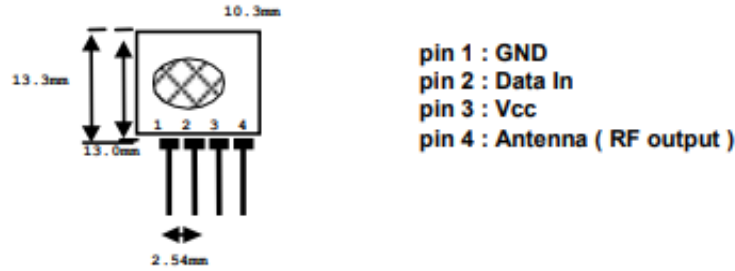


Figura 2. Composición del transmisor TLP434A.

En la tabla 1 se muestran los parámetros y condiciones del transmisor TLP434A.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
VI	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

Tabla 1. Parámetros y condiciones del transmisor TLP434A.

En la figura 3 se muestra el circuito completo del diseño del sensor y transmisor del proyecto.

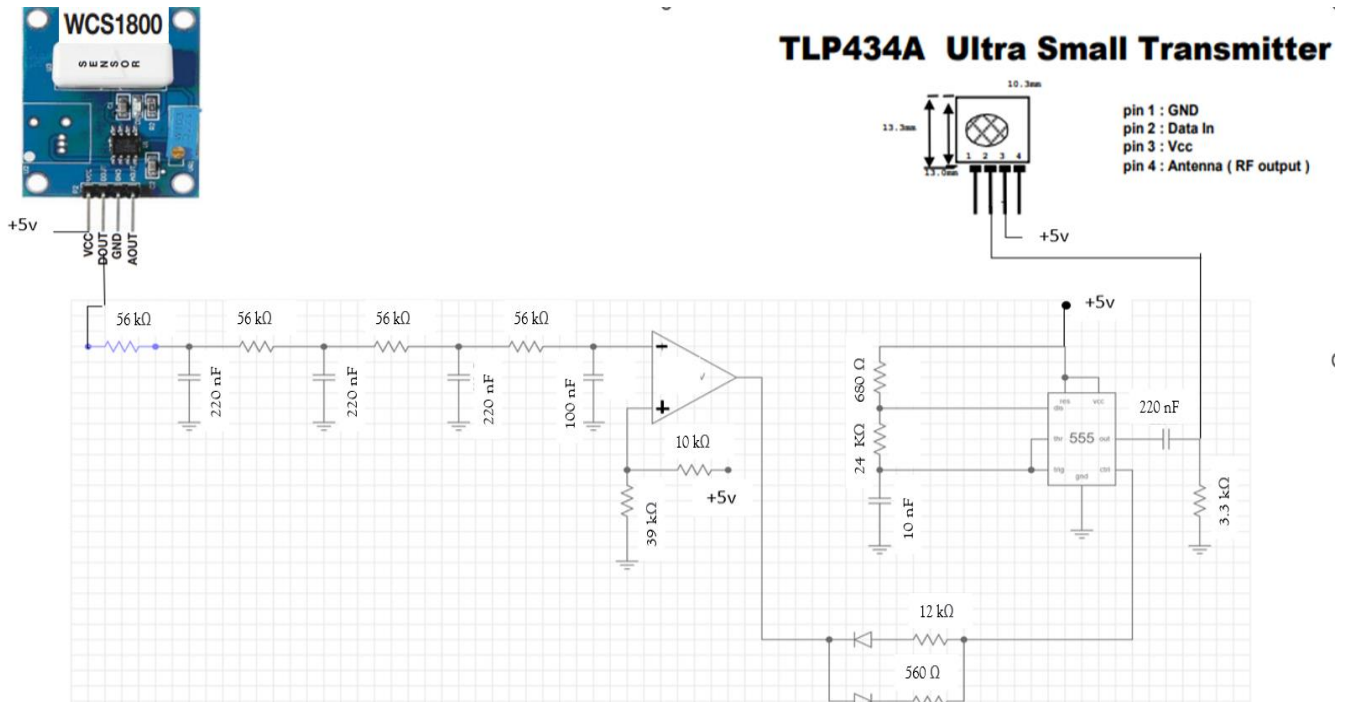


Figura 3. Circuito sensor y transmisor.

Circuito Receptor y de alarma.

La señal enviada por el transmisor es recibida por el receptor modelo RLP434A que se muestra en la figura 4.

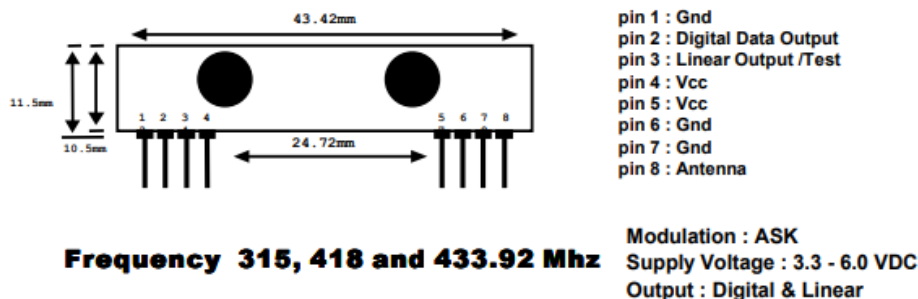


Figura 4. Composición del receptor RLP434A.

En la tabla 2 se muestran los parámetros y condiciones del receptor RLP434A.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
I _{tot}	Operating Current		-	4.5		mA
V _{data}	Data Out	I _{data} = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		I _{data} = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V
Electrical Characteristics						
Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit	
Operation Radio Frequency	FC	315, 418 and 433.92				MHz
Sensitivity	Pref		-110			dBm
Channel Width			+500			Khz
Noise Equivalent BW			4			Khz
Receiver Turn On Time			5			ms
Operation Temperature	Top	-20	-	80		C
Baseboard Data Rate			4.8			KHz

Tabla 2. Parámetros y condiciones del receptor RLP434A.

Estos circuitos integrados de RF trabajan una señal portadora de 434MHz y modulan en ASK, de tal manera que pueden transmitir valores lógicos 1 y 0. En la modulación ASK un 0 lógico se representa con la ausencia de la señal portadora y un 1 lógico con la presencia de esta. Estos dispositivos tienen un alcance de 100 metros en espacios abiertos y de 60 metros en espacios internos donde se tengan obstáculos.

La señal de salida otorgada por el receptor es de la misma frecuencia que la señal presente en el transmisor, estos pulsos tienen un ciclo de trabajo constante, por lo cual, no cambia su valor de voltaje promedio; por tal motivo, se dispone de un timer 555 conectado como oscilador monoestable, de modo que cada vez que el pulso a la salida del receptor (terminal 2) cambia de valor de 5v a 0v, el oscilador se dispara y genera un pulso de duración constante.

La señal de salida del oscilador monoestable se hace pasar por un filtro RC tal como se hizo en la parte del circuito sensor, para obtener un valor promedio de CD y poderlo comparar con una referencia mediante un amplificador operacional comparador de voltajes.

La salida del comparador se conecta a la base de un transistor npn (2N2222) cuyo colector conecta a +5v o 0v la terminal de reset (terminal 4) de un segundo timer 555 conectado como oscilador astable. Esta acción, permitirá que el timer oscile (con +5v), o que no oscile (con 0v). Cuando oscile, el buzzer se activa, de lo contrario permanecerá en silencio.

En la figura 5 se muestra el circuito completo del diseño del receptor y la alarma del proyecto. Además de lo anterior, se muestra la representación de la frecuencia que se tiene en las dos etapas posibles del circuito, en condiciones normales de operación de la instalación eléctrica en la figura 6 y en condiciones de sobrecarga y/o alarma en la instalación eléctrica en la figura 7.

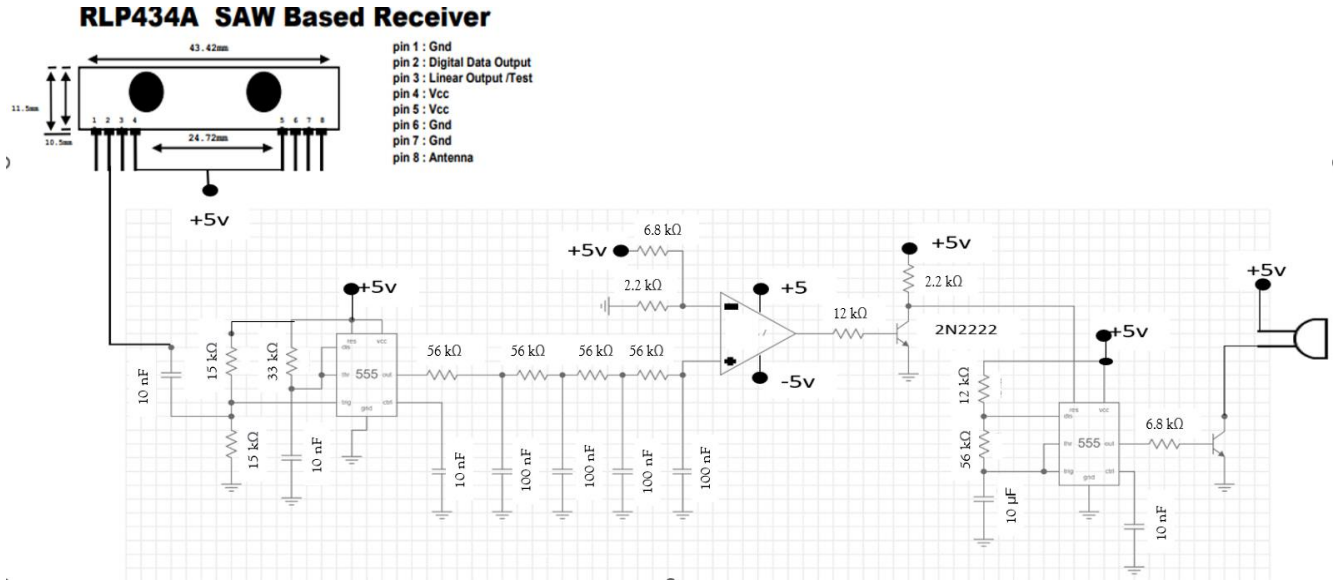


Figura 5. Circuito receptor y de alarma.

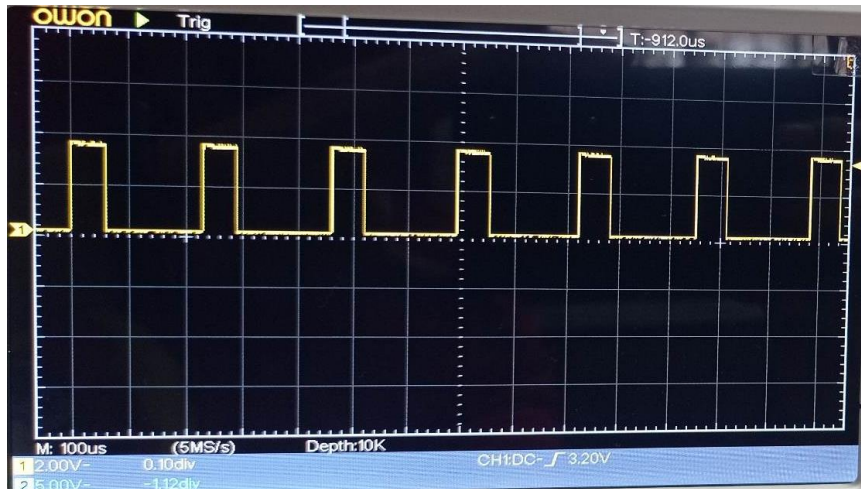


Figura 6. Condiciones normales sin sobrecarga, frecuencia alta.

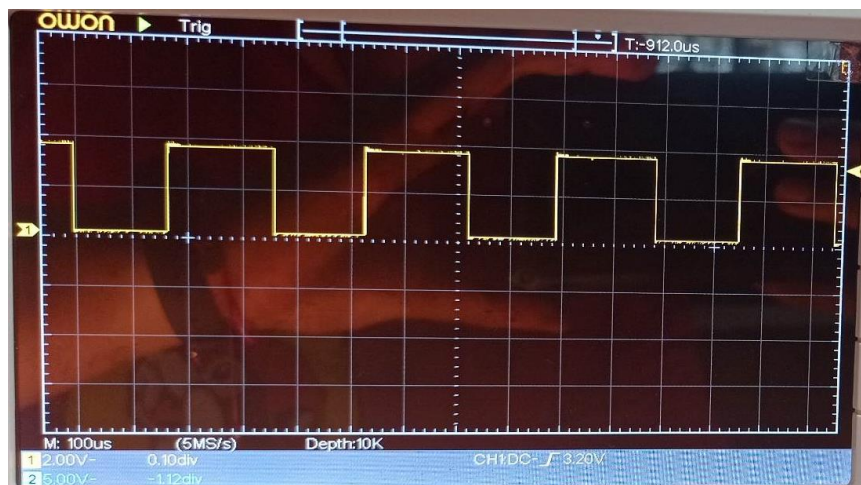


Figura 7. Condiciones de alerta con sobrecarga, frecuencia baja.

Con lo anterior descrito, finalmente se logran obtener los dos escenarios adecuados para que exista el sistema de monitoreo y prevención a distancia del consumo de corriente eléctrica que ahora se mencionan:

- Condiciones sin sobrecarga:
Señal de frecuencia alta en el receptor, su valor promedio es alto, mayor al voltaje de la referencia en el comparador, saturándose positivamente. Esto produce que el transistor conduzca (interruptor cerrado) al circular corriente entre su base y emisor. En consecuencia, el oscilador timer 555 no oscila otorgando en su salida 0v produciendo que el buzzer no opere y no produzca la alarma preventiva.
- Condiciones con sobrecarga:
Señal de frecuencia baja en el receptor, su valor promedio es bajo, menor al voltaje de la referencia en el comparador, saturándose negativamente. Esto produce que el transistor no conduzca (interruptor abierto) al no circular corriente entre su base y emisor. En consecuencia, al oscilador timer 555 mediante su terminal de reset se le aplica un voltaje de Vcc (+5V) oscilando en su salida, otorgando un voltaje pulsante a el buzzer para que opere y produzca la alarma preventiva oscilante.

Comentarios Finales

Mediante la circuitería y dispositivos electrónicos seleccionados se diseñó y construyó el prototipo del detector remoto de sobrecorriente. Este proyecto permitirá medir en tiempo real el consumo de corriente y enviar de ser necesario una alarma de prevención para evitar desconexiones de carga dentro de las instalaciones eléctricas residenciales.

Referencias

Manual de fabricante de Circuito Integrado (Sensor de Efecto Hall Modelo WCS1800).

Manual de fabricante de Circuito Integrado (Transmisor TLP434A).

Manual de fabricante de Circuito Integrado (Receptor RLP434A).

Notas Biográficas

El **Ing. Manuel Duvan Torres González** nació en Ciudad Madero, Tamaulipas, México en 1997. Egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero en 2020. Hoy en día realiza sus estudios como alumno para la obtención del grado de Maestro en Ingeniería Eléctrica en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.

El **M.C. Aarón González Rodríguez** nació en Tampico, Tamaulipas, México en 1953. Se graduó de Ingeniero Electricista en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero en 1977 y realizó su Maestría en Ciencias en Bioelectrónica en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN en México D.F. en 1979. Trabaja como profesor investigador en el I.T.C.M. Sus áreas de investigación son Electrónica de Potencia e Instrumentación Electrónica.

El **Dr. Pedro Martín García Vite** es Ingeniero en Electrónica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Instituto Tecnológico de Cd. Madero, desde 2004 y 2006, respectivamente. Además, es Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialidad en Sistemas Eléctricos de Potencia por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN CINVESTAV—Unidad Guadalajara en Jalisco (2012). Trabaja como profesor investigador en el I.T.C.M. Sus áreas de investigación son Convertidores Estáticos de Potencia y Acondicionadores de Potencia.

El **M.C. Rafael Castillo Gutiérrez** es egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero en 1995, obteniendo el Grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en 1997 en la misma Institución. Trabaja como profesor investigador en el I.T.C.M y es el coordinador de la Maestría en Ingeniería Eléctrica de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Su área de investigación es los Sistemas Eléctricos de Potencia.

Diseño y Automatización de un Movilizador Pasivo Continuo para Rehabilitación de Rodilla por Medio de Simulación

Gerardo Villena Martínez¹, Dr. Juan Nabor Balderas Gutiérrez²,
Dr. Mario Ibañez Olvera³, Dr. Hugo Yáñez Badillo⁴, Dr. Armando Josué Piña Díaz⁵

Resumen— El presente trabajo muestra los resultados del diseño y análisis de un movilizador pasivo continuo para rehabilitación de rodilla por simulación, con el objetivo de ofrecer mejoras a los sistemas ya existentes en el mercado. Se trata del estudio y análisis de los ángulos de desplazamiento y del tipo de material empleado en la fabricación de este tipo de dispositivos para rehabilitación de rodilla debido a que los procesos de recuperación son prolongados y complejo para los pacientes que han sufrido un tipo de lesión o traumatismo que produce rigidez articular e inmovilidad en el área afectada. El proyecto aborda básicamente la ampliación del ángulo de desplazamiento que está limitado a un ángulo de 120° en los sistemas comerciales, con lo cual resulta difícil para que algunos pacientes puedan realizar movimientos adecuados con la intensidad y continuidad requerida para poder recuperar el rango de movilidad de la rodilla. La investigación está basada en la propuesta de mejora del ángulo de desplazamiento, nuevos materiales en la fabricación de este tipo de dispositivos y el control de la velocidad de desplazamiento.

Palabras clave—Diseño, simulación, movimientos pasivos, Autorehabilitación.

Introducción

La rodilla es una de las articulaciones de suma importancia del cuerpo humano y una de las más grandes y complejas, por lo que está propensa a innumerables lesiones. Por tal motivo constituye un objeto importante de estudio para los fisioterapeutas. En los últimos años los avances en la reconstrucción de los diferentes ligamentos de la rodilla han tenido avances significativos, entre los cuales se han realizado diferentes cirugías, tomando en cuenta los conocimientos y la experiencia de la biomecánica y la incorporación de injertos, basados en nuevos materiales y dispositivos para su fijación. Sin embargo, aún no existe un consenso sobre cómo prevenir estas lesiones, o una técnica adecuada para el tratamiento o reconstrucción de los ligamentos, qué proceso de rehabilitación es más efectiva y adecuada, que injerto es mejor, como estimular la biología del músculo, que dispositivo de fijación es más viable o de qué modo analizar de forma objetiva los resultados. Actualmente la información disponible muestra que, de las lesiones agudas, las roturas aisladas del ligamento cruzado anterior son más frecuentes que las roturas ligamentosas combinada, es por ello que, actualmente se llevan a cabo técnicas de rehabilitación de dichas extremidades basadas en robótica, las cuales se encuentra en desarrollo, y en busca de nuevos mecanismos capaces de adaptarse a las necesidades requeridas de los pacientes en rehabilitación.

La artroplastia de rodilla hoy en día es una de las intervenciones más eficientes y consolidadas en el campo de la cirugía ortopédica. Los pacientes sometidos a este tipo de cirugía han obtenido resultados favorables que son funcionales e importantes al observar la mejoría en la reducción del dolor durante sus rutinas programadas (Oviedo et al, 2018). Las alteraciones en la articular de la rodilla producen limitantes funcionales y discapacidades significativas, ya que, en conjunto con la cadera y tobillo, sostienen el cuerpo en bipedestación y es una unidad funcional primaria de acciones como lo son caminar, escalar y sentarse. Por su posición anatómica en el cuerpo humano esta propensa a golpes ocasionando lesiones en los muslos, ligamentos, tendones y meniscos, los cuales están condicionados por otros procesos los cuales son envejecimiento, caídas, obesidad, uso y deterioro (López et al, 2019).

El movimiento pasivo continuo es una forma de proporcionar y regular el movimiento de la rodilla a través de un sistema que repite constantemente movimientos lentos que ayudan a la recuperación de la movilidad total de la rodilla. La rehabilitación de rodilla asistida con movimientos continuos pasivos es una técnica de rehabilitación para pacientes que presentan lesión en la rodilla o fueron sometidos a una operación en ligamentos de rodilla cruzados, al disminuir o reducir la rigidez procedente de una cirugía a la cual fue sometido, siendo así una correcta y menos dolorosa recuperación y la disminución en una prolongada terapia (Oviedo et al, 2018). La población a la que va dirigida el

¹ Gerardo Villena Martínez, Alumno del TecNM, Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, México.

Gerardo_201726058@test.edu.mx

² El Dr. Juan Nabor Balderas Gutiérrez, Catedrático e Investigador del TecNM, Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, México.

jnbg12@yahoo.com.mx

³ El Dr. Mario Ibañez Olvera, Catedrático e Investigador del TecNM, Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, México.

⁴ El Dr. Hugo Yáñez Badillo, Catedrático e Investigador del TecNM, Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, México.

⁵ El Dr. Armando Josué Piña Días, Catedrático e Investigador del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco, México.

movilizador es a aquellos pacientes que tuvieron ruptura de ligamento cruzado anterior, osteoartritis, artroplastía total de rodilla y han sido intervenidos quirúrgicamente para corregir dicha lesión, ya que estos presentan problemas en movimiento y generación del ángulo completo en dicha articulación. Para la utilización del movilizador se podrá utilizar siempre y cuando el diagnóstico proporcionado por un especialista de salud no evidencie posibles problemas que se obtendrán al ejecutar los ejercicios propuestos e inmersos en el movilizador de movimiento continuo pasivo (Oviedo et al, 2018).

Los dispositivos para Autorehabilitación pasiva de rodilla no supervisado son diseñados con la finalidad de que los sistemas sean manipulados de tal manera que el dolor pueda ser controlado al momento de realizar un movimiento de extensión y flexión (Vergara et al, 2017). Los dispositivos para Autorehabilitación pasiva de rodilla, tienen la finalidad de realizar un diseño conceptual de un rehabilitador de rodilla con una entra motriz ingresada por el paciente, con restricciones de uso de geometrías sencillas (Segnini et al, 2018).

El prototipo de rehabilitador pasivo de rodilla para asistencia postquirúrgica, llevo a cabo un análisis del sistema mecánico donde se vincula las medidas antropométricas, con ayuda del software ANSYS se validó el análisis estático del equipo para obtener esfuerzo máximo, desplazamiento y factor de seguridad, con el análisis realizando respecto al prototipo que tiene una reducción del 25% en el peso total del rehabilitador (Ruiz, B. 2017). En este trabajo se presenta una propuesta para rehabilitador pasivo continuo para rodilla, con la finalidad de ampliar el ángulo de flexión debido a que los sistemas existentes están limitados a un ángulo de 120 °, lo que causa una limitación para algunos pacientes, en especial a atletas de alto rendimiento.

Metodología

En la figura 1 se muestra la metodología que se lleva a cabo. La primera etapa consiste en el diseño conceptual, en el cual se exponen las necesidades del paciente que se transforman en necesidades técnicas, permitiendo proponer 2 mecanismos, análisis de requerimientos y restricciones que tendrá el dispositivo, y así poder cumplir las necesidades técnicas. La segunda etapa consiste en el diseño preliminar en el cual se selecciona el mecanismo adecuado para el prototipo, análisis de ventajas y desventajas de los mecanismos propuestos mediante la realización de una síntesis dimensional. La tercera etapa se basa en la síntesis del mecanismo adecuado, considerando las dimensiones, fuerzas, mediante el método de optimización de mecanismos. La cuarta etapa consiste en la representación del mecanismo seleccionado en la cual se realiza el ensamble de las piezas. En la etapa 5 se realizó la simulación del ensamble 3D aplicándole fuerzas al diseño del movilizador de rehabilitación.

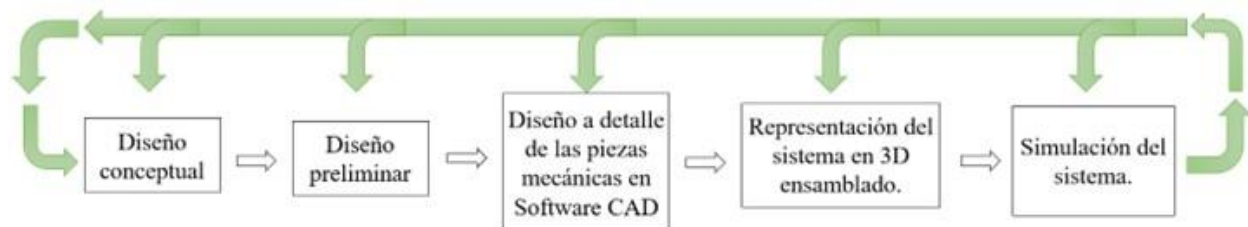


Figura 1: Metodología

Nota: Metodología planteada para el desarrollo de la investigación, elaboración propia.

Requerimientos del proyecto

El proyecto se enfoca en la creación y simulación de la estructuración y desarrollo de un dispositivo para rehabilitación de rodilla por medio de simulación, en donde se plantea una extensión del ángulo de flexión a 150 °, además de considerar algunos puntos de suma importancia para establecer soluciones a los problemas y necesidades de pacientes que requieren un mayor grado de flexión en sus rutinas de ejercicios. Por otra parte, se desarrolla esta propuesta con la finalidad de establecer una línea de exigencias técnica y creativa para así cumplir y abordar temas de verificación, validez, operatividad y requerimientos específicos del producto con una solución conceptual.

El funcionamiento del prototipo movilizador es un mecanismo biela, manivela, corredera que permite convertir el movimiento giratorio de un eje a uno lineal con determinado ángulo de flexión y extensión, para lo cual se requirió determinar el número de grados de libertad (GDL), el dato de movimiento está basado en el criterio de Grübler (Avello, 2014), la expresión matemática para este movimiento esta dado por:

$$G = 3(N - 1) - 2p_I - p_{II}$$

Donde:

p_I = número de pares de un solo grado de libertad.

p_{II} = número de pares de dos grados de libertad.

n = número de eslabones.

G = número de grados de libertad.

La determinación de la posición es un paso importante para el desarrollo del estudio cinemático, en el que se establecen los vectores de posición y los ángulos, que se observan en la siguiente figura 2.

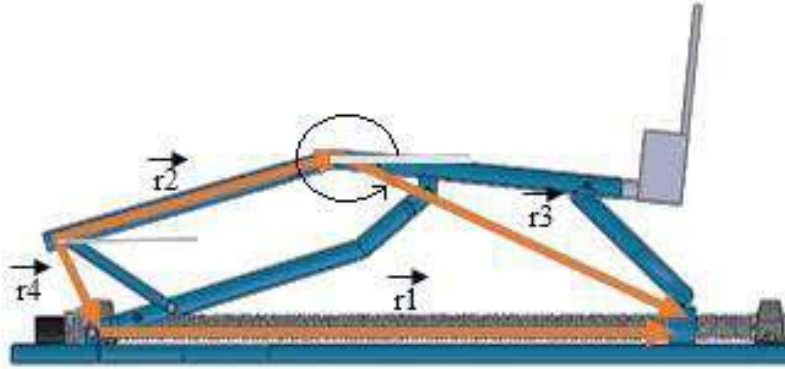


Figura 2: Modelo para el análisis cinemático

Nota: Se observan los vectores de posición y los ángulos de cada uno, Tomado de Rea, 2019.

A partir de la figura antes citada se puede hacer la relación de la siguiente expresión.

$$\overline{(r_1)} = \overline{(r_2)} + \overline{(r_3)} + \overline{(r_4)}$$

Donde:

$\overline{(r_1)}$ = Vector de posición de la corredera.

$\overline{(r_2)}$ = Vector de posición de la manivela.

$\overline{(r_3)}$ = Vector de posición de la biela.

En donde se puede despreciar el valor $\overline{(r_4)}$ ya que su magnitud es pequeña en comparación a los demás vectores, quedando la expresión de la siguiente manera.

$$r_1 e^{i0} = r_2 e^{i\theta_2} + r_3 e^{i\theta_3}$$

Utilizando la equivalencia de Euler se obtiene:

$$r_1 = r_2(\cos \theta_2 + i * \sin \theta_2) + r_3(\cos \theta_3 + i * \sin \theta_3)$$

De la cual se determina el valor de posición que están relacionadas con las variables θ_3 y θ_2 :

$$\theta_2 \cos^{-1} \left(r_2^2 + r_1^2 - \frac{r_3^2}{2r_1r_2} \right)$$

$$\theta_3 \sin^{-1} \left(-\frac{r_2 \sin \theta_2}{r_3} \right)$$

Para el sistema de movimiento se ocupa el Tornillo de potencia ya que, para el sistema de transmisión del movilizador, mientras que el tornillo rosado por la superficie exterior, la tuerca esta roscada por el interior como se muestra en la figura 3. Si gira el tornillo, la tuerca se mueve linealmente y si gira la tuerca, el tornillo realiza el movimiento lineal.

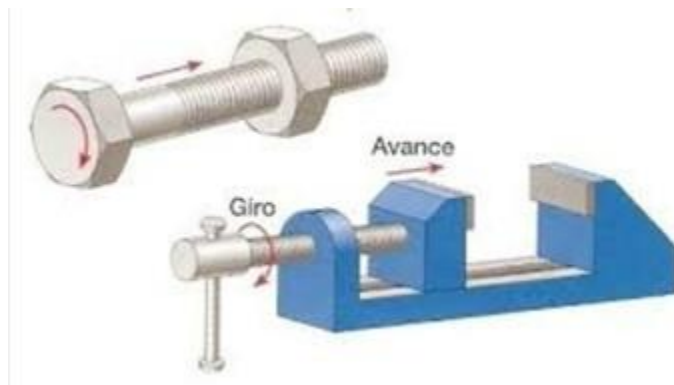


Figura 3: Tornillo-tuerca

Nota: la figura muestra un mecanismo similar al utilizado por el movilizador, Tomada de Rodríguez, 2019.

El movilizador de rehabilitación se propone para la población mexicana que, de acuerdo con el estudio realizado de dimensiones antropológicas, para personas entre los 15 a 65 años (Ávila et al, 2015), se tienen los datos pierna dividida en dos secciones una superior (glúteo-Poplítea) y una inferior (Poplítea), el cual se puede ajustar a la medida adecuada del paciente que se muestra en la figura 4:

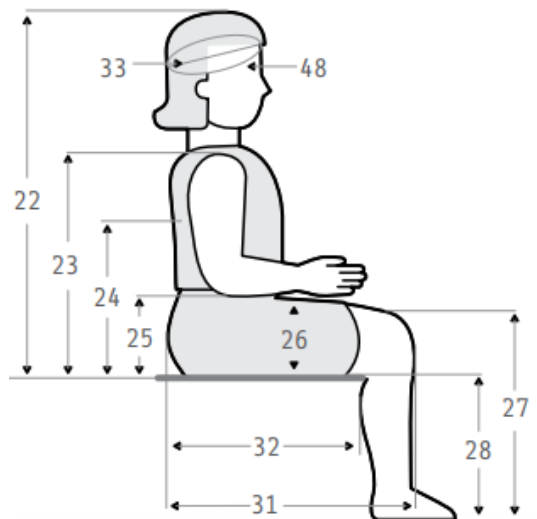


Figura 4: Secciones de la pierna

Nota: En la imagen se puede observar cómo está dividido el cuerpo humano antropométrica. Tomada de Ávila et al, 2015.

Parte de la extremidad	Mínima	Máxima
Muslo	32 cm	55 cm
Pierna	30 cm	60 cm

Cuadro 1: se muestra las medidas las cuales podrá ajustarse el movilizador tanto para el muslo y para la pierna.

El diseño de las piezas del sistema mecánico se realizó en el Software CAD SolidWorks teniendo en cuenta las medidas máximas tanto del muslo como el de la pierna, las cuales se muestran en las figuras 5, 6 y 7:

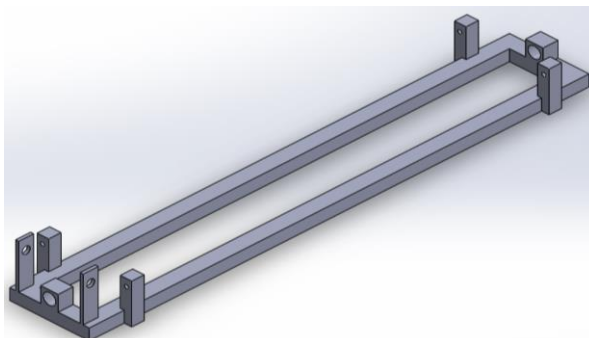


Figura 5: Base del movilizador

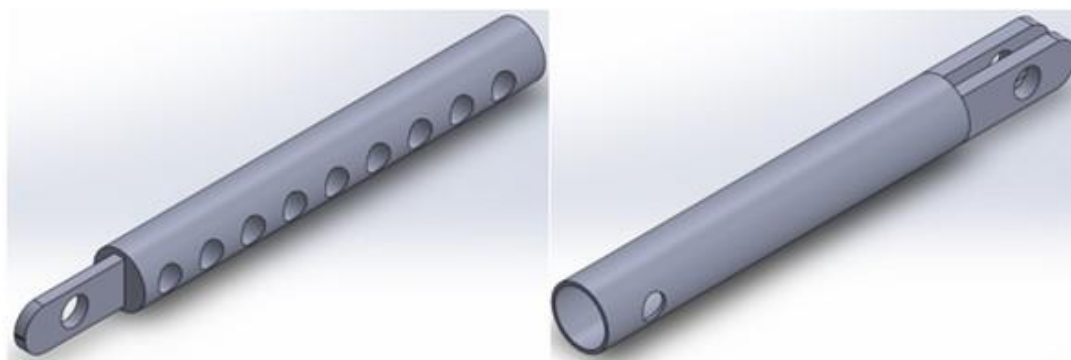


Figura 6: Pieza macho-hembra muslo

Nota: Las medidas establecidas debido a que las piezas se unen son de 32cm como mínimo y 55cm como máximo.

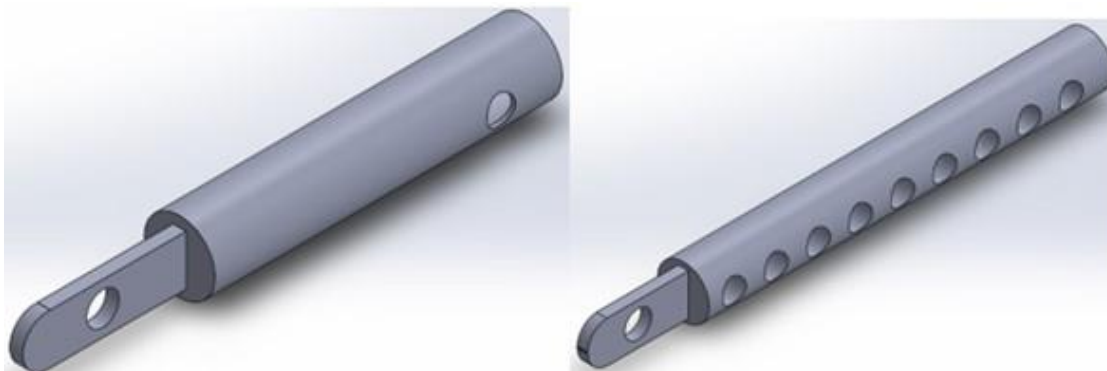


Figura 7: Pieza macho-hembra pierna

Nota: Las medidas dadas ya que se unen las piezas son de 30cm como mínimo y 60cm como máximo.

Resultados

Los sistemas de rehabilitación pasiva de rodilla se basan en procesos largos y complejos para los pacientes que han sufrido un tipo de lesión o traumatismo debido a que se produce rigidez articular e inmovilidad en el área afectada. Por lo que a los especialistas les resulta difícil recomendar rutinas de ejercicios con la misma intensidad y continuidad a los pacientes para poder recuperar el rango de movilidad de la rodilla. Los mecanismos del sistema propuesto están compuestos por engranajes que transmiten el movimiento giratorio desde uno de sus extremos para transformarlo en movimiento lineal desde un soporte central que agrega un sistema graduado de flexión y extensión sobre el soporte central.

El mecanismo utiliza un control electrónico que es capaz de controlar el posicionamiento del ángulo de desplazamiento a través de los componentes mecánicos que se conectan directamente a corredera que a la vez convierte el movimiento lineal en movimiento angular proporcionando así los movimientos de flexión y extensión.

Se diseñó el sistema movilizador pasivo continuo para rehabilitación de rodilla, teniendo en cuenta el porcentaje antropométrico de las personas tomando en cuenta distintas variables tales como: ángulo de desplazamiento, repetitividad de rutinas de ejercicios, velocidad de desplazamiento, entre otros, logrando como resultado una garantía del correcto funcionamiento del equipo esto comprobando con el análisis estático de las piezas diseñadas con el software SolidWorks.

El análisis estático se llevó a cabo con materiales que se encuentran disponibles en el mercado local. El prototipo movilizador de rodilla está diseñado ergonómicamente con capacidad de rehabilitar la extremidad inferior tanto del lado izquierdo como derecho todo esto gracias a la simetría que este posee; siendo regulable para personas que van de 1,16 m a 1,70 m.

El prototipo se muestra en la figura 8, en donde se puede observar el prototipo ensamblado en el software SolidWorks.

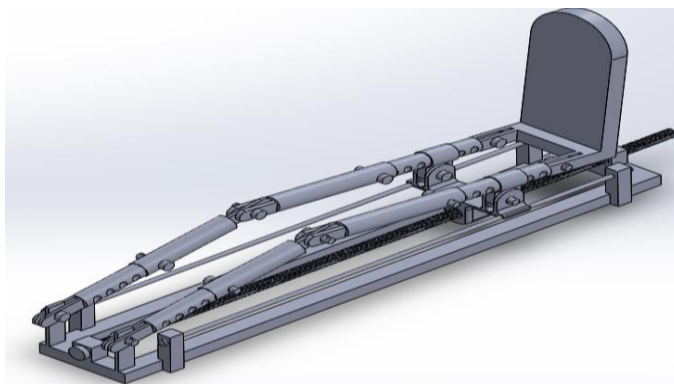


Figura 8: Diseño propuesto

Nota: se puede observar el diseño final propuesto para el movilizador ya ensamblado.

El prototipo está basado en conceptos diferentes para el diseño de este, sin embargo, se busca introducir una propuesta en la relación del ángulo de desplazamiento de los diferentes elementos que comprenden el sistema, para así cumplir con las necesidades de algunos pacientes especialmente deportistas de alto rendimiento y aportar creativamente una nueva propuesta en este tipo de sistemas. En la siguiente figura 9, se muestra un análisis del ángulo de flexión propuesta para el movilizador, que corresponden a mecanismos compuestos por barras que transforman un movimiento angular en uno lineal que a la vez generan el movimiento de flexión y extensión necesaria para la rehabilitación.

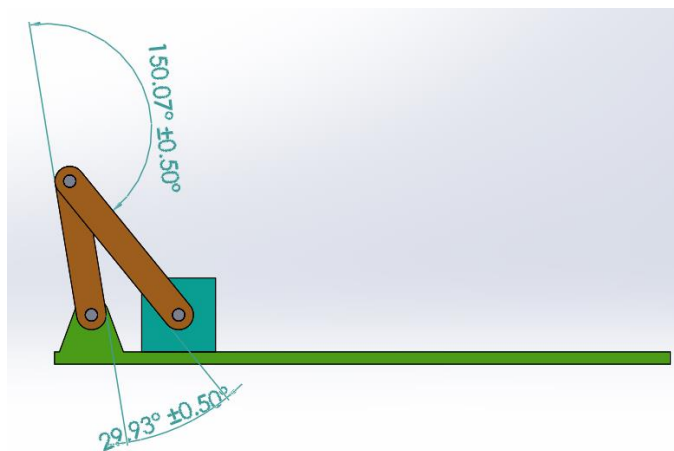


Figura 9: Angulo propuesto.

Nota: Angulo que se necesita para desarrollar un ROM completo es de 150° .

Conclusiones.

Para el diseño conceptual del dispositivo de rehabilitación de rodilla por medio de simulación se consideró la evaluación y selección de posibles alternativas de solución para el sistema de accionamiento, formas y material

utilizando a partir del software de cómputo SolidWorks con el cual, se realizó la propuesta de mejora para evaluación y extensión del ángulo de desplazamiento. Se desarrolló una propuesta de diseño que corresponde a un dispositivo de rehabilitación pasiva de rodilla, con la finalidad de cumplir nuevas expectativas en los procesos de rehabilitación, primordialmente en los movimientos de flexión y extensión con ángulos de desplazamiento superiores a 120° .

El sistema se diseñó a partir de la necesidad de obtener un rango de flexión de hasta 150° el cual se caracteriza como un rango de movimiento completo en flexión. Con respecto al mecanismo de corredera biela manivela con trayectoria curva, se logró la trayectoria completa propuesta de la ROM. Se realizó el análisis de esfuerzos de deformación a través del software SolidWorks, con lo que se pudo concluir que el dispositivo posee la capacidad de soportar el peso del miembro inferior durante todo el recorrido y que los materiales propuestos resultaron adecuados.

Se introdujo en el proceso de diseño el uso de CAD, proponiendo una metodología de diseño combinada que considerando factores estéticos y funcionales pueden llevar a corto plazo a la innovación de productos en el mercado nacional, ya que antes de construir el prototipo puede realizarse su representación y análisis en una geometría 3D.

Referencias

Avila, R., Prado, L. R., & González, E. L. (Eds.). (2015). Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile / R. Avila Chaurand.

López, G., Valencia, S., & Nelly., L. (2019). Estudio cinemático de rodilla para la creación de un movilizador pasivo continuo. Revista de Fisioterapia y Tecnología Médica, 3(7), Pg. 12-16.

Oviedo, Tulio A. Carvajalino, Ángel A. Díaz Ricardo A. (2018). Desarrollo de un Equipo de Movimiento Pasivo para Rehabilitación de Rodilla. Tecnologías de Nueva Generación: Una Perspectiva de Expertos del Siglo XXI, 26–29.

Segnini, José M. Vergara, Mary. Chagna, Anderson A. (2021). Diseño de un dispositivo para Autorehabilitación pasiva de rodilla. AXIOMA, 76–92.

Ruiz, B. P. (2017). Prototipo De Rehabilitador Pasivo De Rodilla Para Asistencia Postquirúrgica. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

Rodríguez, H. (2019). Tornillo de Potencia. Ingemeccánica, Tutoriales.

Vergara, Mary. Segnini, José M. Provenzano, Sebastián. Chagna, Anderson A. (2018). Diseño De Un Dispositivo Para Autorehabilitación Pasiva De Rodilla No Supervisada. AXIOMA, 18, 43–60.

Rea, M. D. (2019). Desarrollo de un Prototipo de Robot para Rehabilitación de Pacientes con Lesiones en Rodillas Controlado Mediante Dispositivos Móviles. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Utilidad del Marketing Digital en el Restaurante "Mary Es Mi Amor" en Santa Cecilia, Tlalnepantla de Baz

Ing. Jenny Viridiana Quiroz Linares¹, Dr. Arturo Martínez Suarez².

Resumen— El principal objetivo de este artículo de investigación es reconocer y comprender el impacto del marketing digital en el desempeño de un negocio local de alimentos en el municipio de Tlalnepantla de Baz y sus alrededores, así mismo alcanzar una percepción con relación al cambio y la adaptación que realizaron las empresas tras el confinamiento por COVID-19, donde se redujeron las interacciones sociales y se tuvo distanciamiento social, hubo restricción de horarios y algunos hasta cierre temporal de negocios. Esto orillo al sector restaurantero a crear alternativas para subsistir durante este periodo de cambio. Es importante precisar que esta investigación es para conocer la importancia del marketing digital en los restaurantes y como esta podría llegar a funcionar como una alternativa óptima para evitar consecuencias en caso de una nueva contingencia sanitaria.

Palabras clave— Marketing digital, contingencia sanitaria, restaurante, estrategias.

Introducción

Hoy en día el marketing digital es una herramienta electrónica que facilita la comunicación masiva y la interacción con otras personas, entonces ¿Por qué no utilizar el marketing digital como una estrategia para incrementar ventas en los restaurantes en México?

Como es bien sabido, durante la crisis que se vivió en el año 2019 a consecuencias del COVID-19, el sector restaurantero fue uno de los más afectados durante el confinamiento que se vivió por la contingencia, por ello que ante tal problema "Mary es mi amor" vio un área de oportunidad para implementar una estrategia de marketing digital para seguir generando ganancias y subsistir en el mercado local. Enfocándose en investigar el mercado y analizar el comportamiento de sus hábitos de compra, indagando los gustos y ubicación del segmento de mercado meta ideal para poder implementar y promocionar una estrategia de marketing digital, para potencializar los platillos y entender el impacto que tiene en el restaurante.

Metodología

Procedimiento

La muestra de un segmento de la población a la que se le va a emplear el instrumento de investigación seleccionado, en este caso el cuestionario, que posibilitará obtener la información que se busca.

En cuanto, para la determinación del tamaño de la muestra, se aplicará la fórmula para población finita, ya que se posee con una cartera de clientes. En tal sentido, para seleccionar informantes se aplicará un muestreo aleatorio intencional, de acuerdo con Paz (2014), al seleccionar a los participantes para el estudio, el investigador utiliza la técnica intencional de la prueba.

Referencias bibliográficas

De acuerdo al INEGI (2020) en el municipio de Tlalnepantla de Baz se encuentran 672,202 habitantes, los cuales el 73.89% corresponden a personas mayores de 18 años, quienes integran la población del estudio, siendo el equivalente a 496,690 habitantes. Los sujetos de estudio a tomar en cuenta, están constituidos por la clientela del restaurante "Mary es mi amor" en el municipio de Tlalnepantla de Baz, Estado de México. Este es el sector industrial rodeado por sitios de atracción, además que en el área hay varias empresas de logística, oficinas de administrativas que generan una mayor cantidad de clientes, representando un 60% del target, empleando una segmentación demográfica, en función del rango de edad, siendo esto aplicable a individuos mayores de 18 años.

Por lo que en este caso considerando a aquellos clientes, mayores de 18 años con relación a toda la población del municipio de Tlalnepantla de Baz según los datos oficiales del INEGI, que se van a considerar para obtener resultados con ciertas particularidades, por lo que en este caso al aplicar la formula descrita por Baena (2017) utilizando como dato la cifra oficial de habitantes:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{}$$

¹ La Ing. Jenny Viridiana Quiroz Linares es Coordinadora de los Sistemas de Gestión, Docente en el Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero II y es Alumna de la Maestría en Ingeniería Administrativa del TecNM campus Cuautla / Gustavo A. Madero II jennyquirozl.26@hotmail.com (autor correspondal)

² El Dr. Arturo Martínez Suárez es Coordinador de Posgrado e investigación y Docente del TecNM campus Gustavo A. Madero II arturo.ms@gamadero2.tecnm.mx

$$d2(N - 1) + Z2 * p * q$$

Siendo:

N = Total de la población

Z= 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

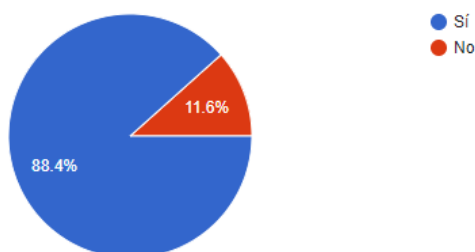
q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

d = precisión (un 5%).

$$n = \frac{496.690 * 1,962 * 0.05 * 0.95}{0.052(496.690-1) + 1.962 * 0.05 * 0.95} = 384$$

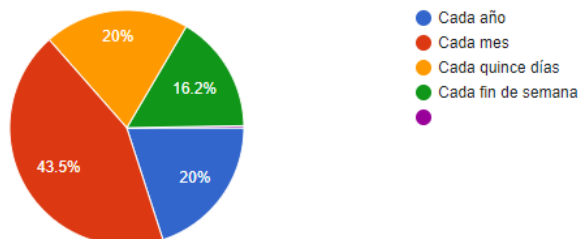
Resultados

1. ¿Consumiste alimentos en el restaurante “Mary es mi amor” en el último mes?



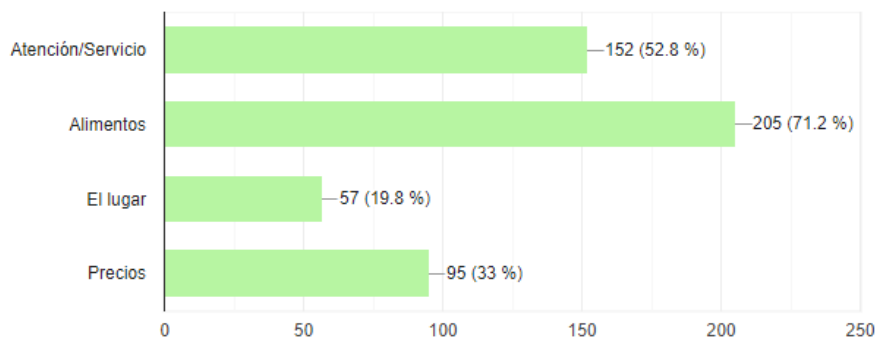
En los resultados del instrumento de investigación aplicada a los participantes para conocer el consumo aproximado en el restaurante “Mary es mi amor” de la muestra se observa que el 89.7% de las personas encuestadas consume alimentos en el restaurante, por otro lado, solo el 10.3% no consumió alimentos en el restaurante “Mary es mi amor”.

2. ¿Con qué frecuencia consumiste alimentos en el restaurante “Mary es mi amor”?



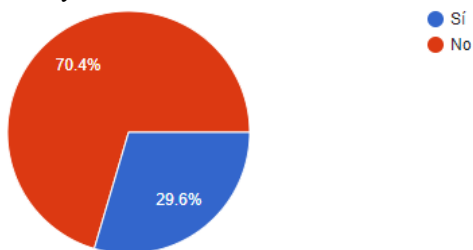
En base a los resultados obtenidos a la cartera de clientes la frecuencia de consumo está en un 42.5% de la muestra que visita el restaurante “Mary es mi amor” con una regularidad mensualmente, por otra parte, solo el 21.5% realiza visitas con una continuidad de cada quince días, sin embargo, el 18.7% acuden de manera anual y finalmente siendo la minoría de la muestra, con tan solo un 16.8% de está, acude al restaurante cada fin de semana.

3. ¿Qué factor influye en que vuelvas a consumir en el restaurante “Mary es mi amor”?



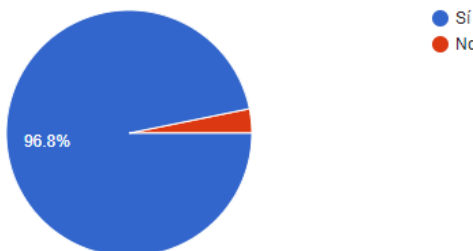
En base a los resultados obtenidos se muestra que el factor que más influye para el consumo de alimentos en un restaurante son los alimentos con un 77.7%, por otro lado, el servicio y la atención que se le brinda al cliente es el segundo factor más importante con un 52.9%, mientras que el 33.8% de la muestra considera que los precios son lo más importante para consumir en un restaurante, sin embargo, el lugar es el factor menos influyente con un 26.1%.

4. En el año 2019-2020 se suscitó el confinamiento por la pandemia COVID-19, durante ese tiempo ¿Consumiste en el restaurante “Mary es mi amor”?



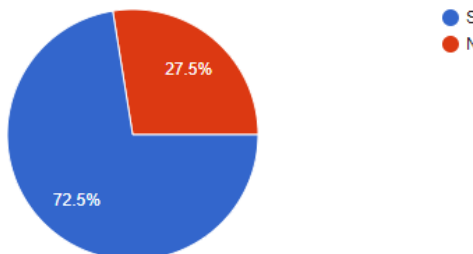
De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta realizada, arroja que el 70.4% de la muestra no consumió en ningún restaurante, sin embargo 29.6% asegura que si consumió.

5. En tu localidad ¿Consideras que los restaurantes fueron afectados por la pandemia?



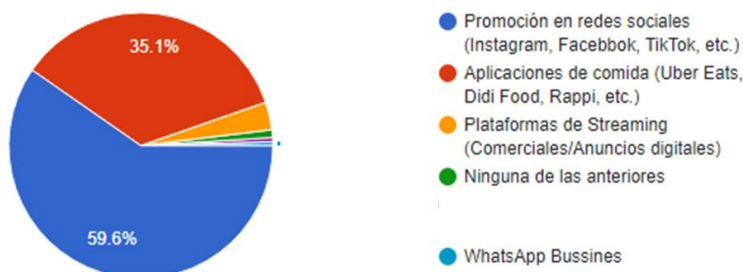
Conforme a los resultados obtenidos se muestra que el 96.8% de los restaurantes locales fueron afectados por causas de la pandemia, mientras que el 3.2% asegura que estos locales no tuvieron ninguna afectación por esta variante.

6. ¿Viste publicidad del restaurante “Mary es mi amor”?



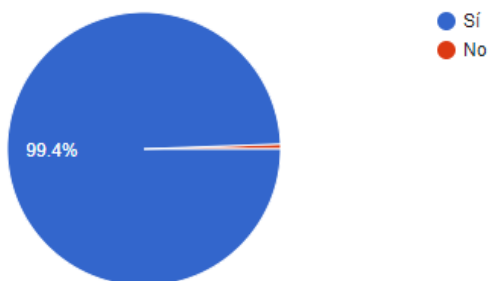
En los resultados provenientes de la encuesta aplicada para conocer el consumo aproximado del restaurante “Mary es mi amor” el 72.5% vio publicidad digital sobre el restaurante, mientras que el 27.5% no vio dicha publicidad.

7. ¿Qué tipo de publicidad te gustaría que “Mary es mi amor realizara para tu preferencia de consumo?



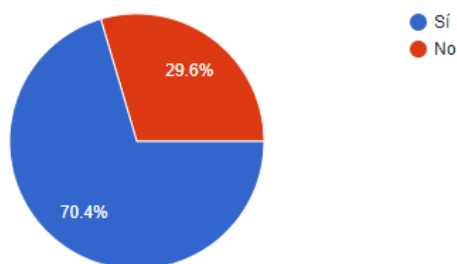
En los resultados obtenidos de la encuesta aplicada para conocer la preferencia del tipo de publicidad para el restaurante “Mary es mi amor” las personas prefieren visualizar promociones del restaurante en la publicidad del restaurante en redes sociales (Instagram, Facebook, TikTok) con un 59.6%, las aplicaciones de comida (Didi Food, Rappi) quedan en segundo lugar con un 35.1%, y para el 3.5% de la muestra es preferente visualizar la publicidad en plataformas de streaming, para el 2.1% prefiere ninguna de las anteriores, y la minoría que suma un 0.3% prefieren WhatsApp Business.

8. ¿Consideras que es importante la publicidad en el restaurante “Mary es mi amor”?



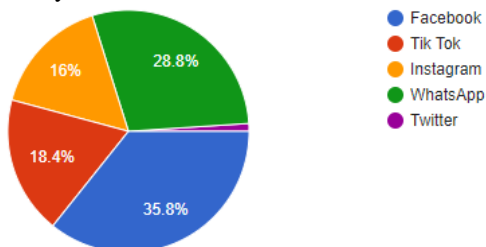
Los resultados provenientes de la encuesta aplicada para el conocimiento de la muestra respecto a la importancia de la publicidad en el restaurante “Mary es mi amor” para que tenga un número mayor de clientes y conocimiento de los productos que se venden indican que el 99.1% determina que es muy importante establecer publicidad, mientras que solo el 0.9% considera que no tiene importancia.

9. ¿La publicidad del restaurante “Mary es mi amor”, influye en tu consumo?



De acuerdo a la encuesta realizada, se obtiene como resultados que un 70.4% siendo está la respuesta con mayor porcentaje de acuerdo a que si influye el consumo por la publicidad del restaurante y finalmente con un 29.9% con la respuesta que no influye, por lo que se debe generar una estrategia de publicidad para elevar las ventas y el consumo del restaurante.

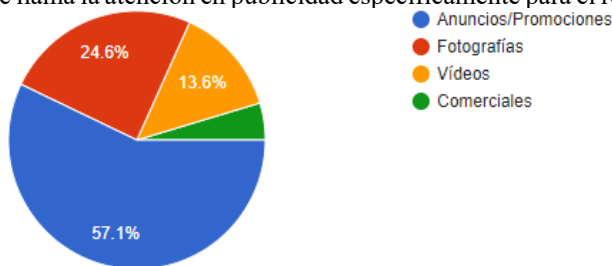
10. ¿Qué red social utilizas con mayor frecuencia?



Conforme a los resultados prominentes de la encuesta arroja los siguientes resultados: siendo Facebook la red social con mayor impacto teniendo un 35.8%, con lo cual podemos encontrar un área de oportunidad aplicando la herramienta de marketing digital en beneficio del restaurante; en segundo lugar, tenemos a WhatsApp con un 28.8% teniendo como opción el generar contenido para subir a los estado y que el consumidor conozca el menú del día, y en tercer lugar tenemos a Tik Tok con un 18.4%, lo cual podría funcionar para tener un alcance mayor hacia los consumidores que esta red social tiene, muchas visitas en un solo día generaría incrementar el mercado meta, y en cuarto lugar con un 16% Instagram una red social también muy activa, sin embargo, la app conlleva muchos like's

para poder generar mayor viralización, y finalmente con la mínima votación de red social es Twitter con tan solo el 1%.

11. ¿Qué es lo que más te llama la atención en publicidad específicamente para el restaurante “Mary es mi amor”?



Con los resultados obtenidos se observa que un 57.1% siendo un porcentaje muy considerable designa que el principal factor por el cual eligen consumir en el restaurante es mediante anuncios y promociones lo que genera mayor visualización, y un 24.6% prefieren publicidad por medio de fotografías de los alimentos es lo que les llama la atención, mientras que el 13.6% se engancha más con videos de comida y solo el 4.6% minoría de porcentaje prefieren que se genere un comercial en 5 segundos para captar su atención.

Análisis

Después de haber realizado el análisis del instrumento de medición y la técnica, se obtuvieron los resultados que comprueba que se necesita desarrollar una estrategia de marketing digital para el restaurante “Mary es mi amor” que contengan anuncios y promociones del mismo y se difunda por medio de las redes sociales con mayor presencia en Facebook.

Conclusiones

En este trabajo investigativo se aplicó por medio de un instrumento de investigación y una técnica estudiar el mercado y poder conocer mejor qué influye en la toma de decisión y cuáles son los medios a los que más acceden y que les llama la atención de los anuncios publicitarios.

Los resultados demuestran la necesidad de seguir implementando estrategias de marketing digital para el sector restaurantero, en específico para “Mary es mi amor”. Es esencial que se siga por el mismo camino y no se deje de investigar al mercado meta, ya que gracias al marketing digital se va expandiendo la cartera de clientes. El análisis de las encuestas realizadas nos da la certeza que se necesita crear mayor contenido de marketing digital para el restaurante “Mary es mi amor”, con anuncios y promociones del restaurante, desarrollando estrategias de comunicación, tomando en cuenta los resultados de las encuestas aplicadas a los clientes del restaurante, para incrementar las ventas del restaurante y a su vez captar nuevos clientes y generar mayores ingresos.

Limitaciones

En el proceso de la investigación se tuvieron diversas dificultades en la aplicación del instrumento de investigación que se asignó a los participantes para el estudio del restaurante “Mary es mi amor”.

No se contó con antecedentes sobre investigaciones realizadas aplicadas en el mismo tema.

Recomendaciones

Utilizar estrategias de marketing digital para ganar mercado, y aumentar las ventas y en consecuencia incrementar las ganancias, en consideración a lo que el mercado necesita y solicita.

Referencias

- INEGI. (2020). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2014, de Clasificación mexicana de programas de estudio por campos de formación académica 2011: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/clasificadores/CMPE_2011.pdf
- Paz, G. B. (2017). *Metodología de la Investigación* (Tercera edición ed.). México: Grupo Editorial Patria. Recuperado el 09 de abril de 2023, de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

Notas Biográficas

Guillermina Baena Paz es Lic. En Ciencias de la Información, Maestra en Administración Pública y Dra. En Estudios Latinoamericanos.

Apéndice

1. ¿Consumiste alimentos en el restaurante “Mary es mi amor” en el último mes?
2. ¿Con qué frecuencia consumiste alimentos en el restaurante “Mary es mi amor”?
3. ¿Qué factor influye en que vuelvas a consumir en el restaurante “Mary es mi amor”?
4. En el año 2019-2020 se suscitó el confinamiento por la pandemia COVID-19, durante ese tiempo ¿Consumiste en el restaurante “Mary es mi amor”?
5. En tu localidad ¿Consideras que los restaurantes fueron afectados por la pandemia?
6. ¿Viste publicidad del restaurante “Mary es mi amor”?
7. ¿Qué tipo de publicidad te gustaría que “Mary es mi amor realizara para tu preferencia de consumo?
8. ¿Consideras que es importante la publicidad en el restaurante “Mary es mi amor”?
9. ¿La publicidad del restaurante “Mary es mi amor”, influye en tu consumo?
10. ¿Qué red social utilizas con mayor frecuencia?
11. ¿Qué es lo que más te llama la atención en publicidad específicamente para el restaurante “Mary es mi amor”?